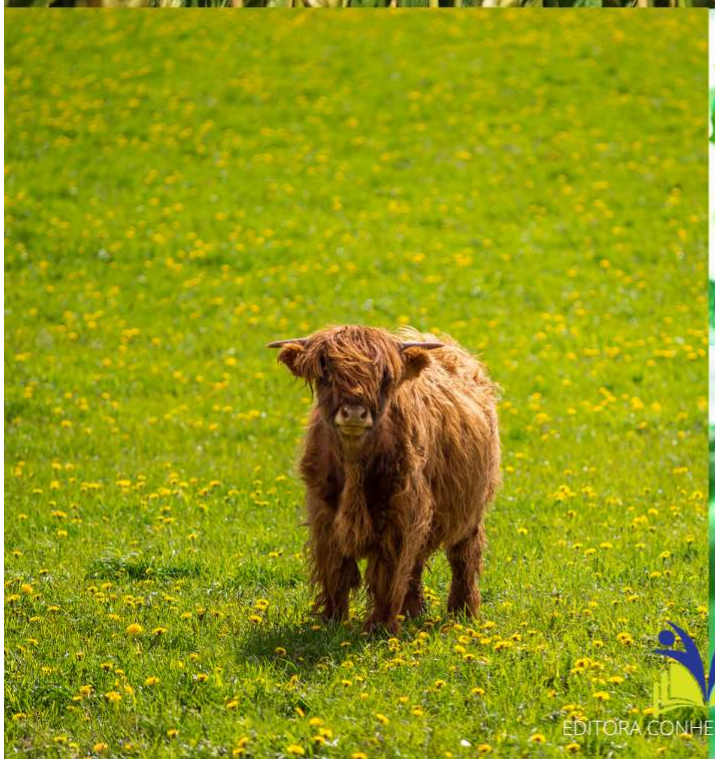
AGRONOMIA, BIOLOGIA E ZOOTECNIA: ESTUDOS FUNDAMENTAIS

VOLUME III







EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Marcos Pereira dos Santos

Agronomia, biologia e zootecnia: estudos fundamentais

3ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

Copyright© 2025 por Editora Conhecimento Livre

3ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Santos, Marcos Pereira dos
S237A Agronomia, biologia e zootecnia: estudos fundamentais
/ Marcos Pereira dos Santos. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2025

144 f.: il
DOI: 10.37423/2025.edcl1097
ISBN: 978-65-5367-624-4
Modo de acesso: World Wide Web
Incluir Bibliografia

1. agronomia 2. biologia 3. zootecnia I. Santos, Marcos Pereira dos II. Título

CDU: 570

https://doi.org/10.37423/2025.edcl1097

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

Dr. Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

Dra. Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

Dr. Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

MSc Carlos Eduardo De Oliveira Gontijo

Dr. Rodrigo Couto Santos

Dra. Milena Gaion Malosso

PHD Marcos Pereira Dos Santos

Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO
2025

INTRODUÇÃO

Leitores e leitoras:

Saudações cordiais!

Escrever a Apresentação, a Introdução, o Prefácio ou o Prólogo de um livro – de natureza acadêmica, literária ou científica – não é uma tarefa fácil; porém deveras honrosa, necessária, útil, instigante e desafiante. Refere-se a uma atividade que envolve intelecto, atenção, concentração, interesse, paciência, estímulo, motivação, dedicação, criatividade, tempo hábil, compromisso, responsabilidade e, principalmente, respeito para com a obra em si (seja ela de autoria solo, coautoral, coordenada ou organizada) e seu conteúdo epistêmico, autores(as), coautores(as), coordenadores(as), organizadores(as), editores(as), pareceristas *ad hoc*, revisores(as), conselheiros(as) editoriais, ilustradores(as), diagramadores(as), *designers*, arte-finalistas e Editora.

Cada livro é único, especial, singular, magistral, particular, específico; ainda que esteja relacionado a uma mesma coletânea, antologia ou caderno temático, em diferentes volumes, números ou edições de publicação.

Com base nestas breves palavras redigidas de modo preliminar, temos a grata satisfação de apresentar ao público leitor a obra científica intitulada **AGRONOMIA, BIOLOGIA E ZOOTECNIA: ESTUDOS FUNDAMENTAIS – volume III**, publicada no formato de livro eletrônico (*e-book*) pela Editora Conhecimento Livre.

Trata-se, pois, de um livro organizado, que contêm em seu bojo uma seleta miscelânea de primorosos textos capitulares autorais e coautorais atinentes à temática em pauta, os quais são resultantes de estudos (individuais ou coletivos), pesquisas científicas (teóricas e/ou empíricas), práticas laboratoriais, experiências profissionais, investigações inter/multi/pluri/transdisciplinares e análises crítico-reflexivas.

Em linhas gerais, a presente coletânea científica possui um viés multifacetado que aborda conceitos teóricos e práticas – essenciais, basilares, fundamentais – concernentes às áreas de Ciências Agrárias, Ciências Biológicas e Ciências Veterinárias, trazendo a lume diversos assuntos alusivos à relação entre os seres humanos, o estudo da vida, a terra, o desenvolvimento rural, a produção agrícola sustentável, a segurança alimentar, a criação de animais, o cultivo de plantas, dentre outros.

Sendo assim, este livro é de relevância capital e de leitura e utilização recomendáveis, consistindo num artefato cultural de valor incalculável destinado a docentes, discentes, pesquisadores(as) e profissionais oriundos(as) das áreas de Agronomia, Biologia e Zootecnia, em particular, que estejam interessados(as) em ampliar ou aprofundar seus conhecimentos teórico-práticos nestes campos do conhecimento científico, notadamente em termos de entendimento integrado e avanços tecnológico-científicos nos setores supracitados.

Sem mais delongas, desejamos a cada leitor(a) uma ótima leitura.

Abraço fraterno!!!

Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos (Organizador)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 9
ANESTESIA POR TUMESCÊNCIA EM PORQUINHO-DA-ÍNDIA SUBMETIDO A MASTECTOMIA UNILATERAL
Felipe Gava
DOI 10.37423/250309744

CAPÍTULO 2 16
EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO IONIZANTE EM EXAMES RADIOGRÁFICOS NO CAMPO DA MEDICINA VETERINÁRIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA
Geovana Paes da Silva
Isabella Araújo Silva
DOI 10.37423/250309749

CAPÍTULO 3 32
PROCESSOS DA MATURAÇÃO EM QUEIJOS - UMA REVISÃO
Rayanna Necy Renovato da Silva
Carlo Aldrovandi Torreão Marques
DOI 10.37423/250309781

CAPÍTULO 4 47
UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO SUBMETIDO A FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA
Fernando Nobre Cunha
Gabriela Nobre Cunha
Marconi Batista Teixeira
Héctor Alexis Miranda
Claudio Carvalho dos Santos
Eliana Neves Rodrigues
Vilma Ferreira da Silva Soares
DOI 10.37423/250309799

CAPÍTULO 5 56
INFLUÊNCIA DA FONTE LIPÍDICA DIETÉTICA SOBRE A COLORAÇÃO DO FILÉ DE GRUPOS GENÉTICOS DE TILÁPIAS DO NILO
Diana Carla Fernandes Oliveira
Francielly Corrêa Albergaria
Ana Luiza de Souza Miranda
Renan Rosa Paulino
Maria Emília de Sousa Gomes
Priscila Viera e Rosa
Rilke Tadeu Fonseca de Freitas
DOI 10.37423/250309800

CAPÍTULO 6 72
CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE UMA IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA SOB A FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA
Fernando Nobre Cunha
Gabriela Nobre Cunha
Marconi Batista Teixeira
Wilker Alves Morais
Edson Cabral da Silva
Daniely Karen Matias Alves
DOI 10.37423/250309801

CAPÍTULO 7 81
DIAGNÓSTICO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO TECNOLOGIAS DE INTERNET DAS COISAS (IOT)
Fernando Nobre Cunha
Gabriela Nobre Cunha
Marconi Batista Teixeira
Wilker Alves Morais
Daniely Karen Matias Alves
Laura Campos de Lira
Cicero Teixeira Silva Costa
DOI 10.37423/250309802

CAPÍTULO 8 90
UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO SOB APLICAÇÃO DE VINHAÇA EM LATOSSOLO DE CERRADO
Fernando Nobre Cunha
Gabriela Nobre Cunha
Marconi Batista Teixeira
Wilker Alves Morais
Edson Cabral da Silva
Daniely Karen Matias Alves
José Joaquim de Carvalho
DOI 10.37423/250309803

CAPÍTULO 9 99
DESEMPENHO DE UMA IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICA POR GOTEJAMENTO SOB A FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA
Fernando Nobre Cunha
Gabriela Nobre Cunha
Marconi Batista Teixeira
Wilker Alves Morais
Edson Cabral da Silva
Daniely Karen Matias Alves
DOI 10.37423/250309804

CAPÍTULO 10 108
EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO COM GOTEJADORES EM CONDIÇÕES SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL
Fernando Nobre Cunha
Gabriela Nobre Cunha
Marconi Batista Teixeira
Wilker Alves Morais
Héctor Alexis Miranda
Edson Cabral da Silva
Fernando Rodrigues Cabral Filho
DOI 10.37423/250309805

CAPÍTULO 11 117
VARIAÇÃO DE VAZÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO SOB A FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA EM LATOSSOLO DE CERRADO
Fernando Nobre Cunha
Gabriela Nobre Cunha
Marconi Batista Teixeira
Wilker Alves Morais
Fernando Rodrigues Cabral Filho
Edson Cabral da Silva
Héctor Alexis Miranda
DOI 10.37423/250309806

CAPÍTULO 12 126
DISTÚRBIOS DE VAZÃO DE UMA IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL SOB APLICAÇÃO DE VINHAÇA
Fernando Nobre Cunha
Gabriela Nobre Cunha
Marconi Batista Teixeira
Wilker Alves Morais
Fernando Rodrigues Cabral Filho
Edson Cabral da Silva
Héctor Alexis Miranda
DOI 10.37423/250309807

CAPÍTULO 13 135
GRAU DE ENTUPIMENTO DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA SUBMETIDO A FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA
Fernando Nobre Cunha
Gabriela Nobre Cunha
Marconi Batista Teixeira
Wilker Alves Morais
Edson Cabral da Silva
Héctor Alexis Miranda
Fernando Rodrigues Cabral Filho
DOI 10.37423/250309808

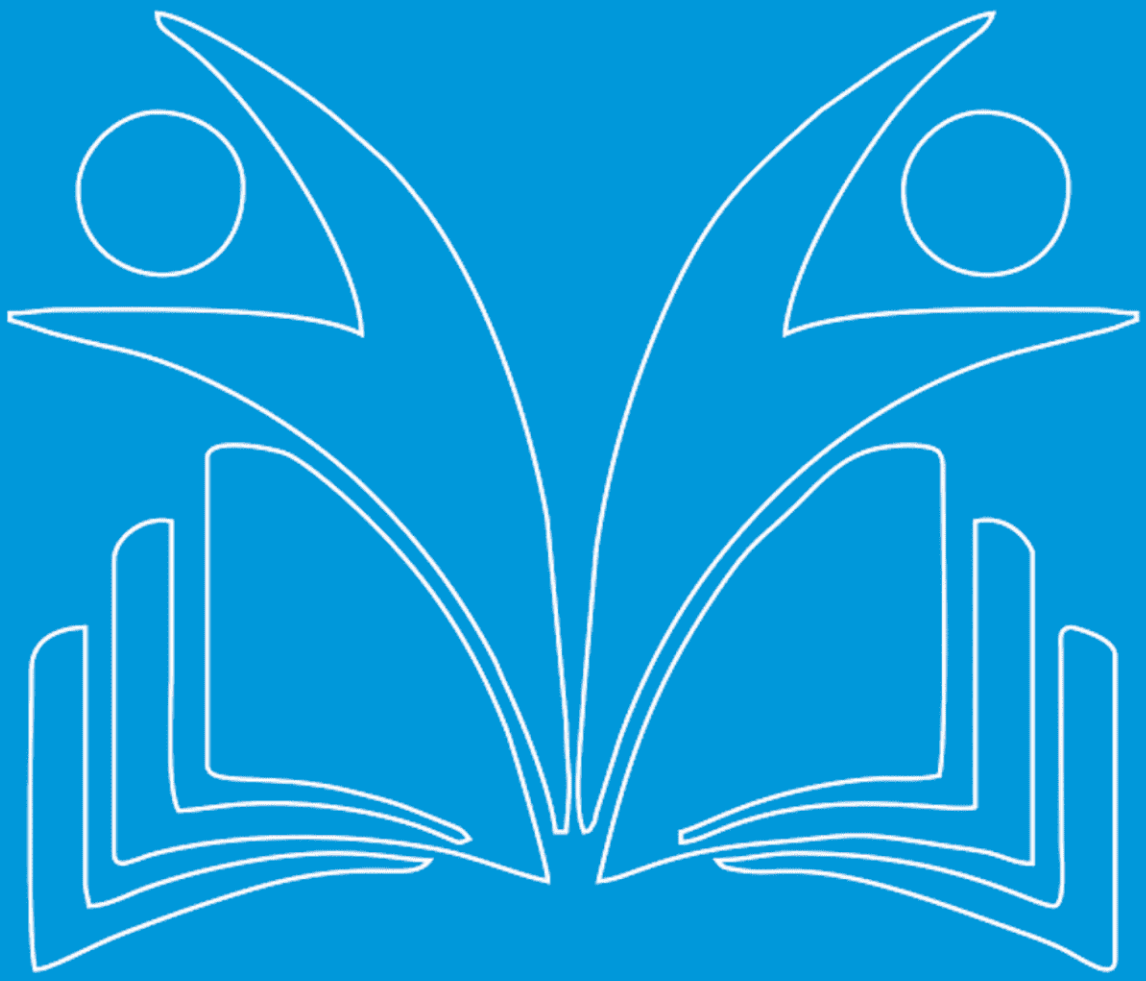
Capítulo 1

10.37423/250309744

ANESTESIA POR TUMESCÊNCIA EM PORQUINHO-DA-ÍNDIA SUBMETIDO A MASTECTOMIA UNILATERAL

Felipe Gava

CEI - Centro Educacional Integrado



INTRODUÇÃO

A anestesia por tumescência consiste na administração de grandes volumes de uma solução de anestésico local. O termo tumescência deriva do latim *tumescere*, que significa "inchar", referindo-se ao aspecto da área cirúrgica após a utilização desta técnica. Foi desenvolvida por um médico cirurgião plástico, na tentativa de reduzir as complicações cirúrgicas de lipoaspiração, sendo posteriormente adaptada para a medicina veterinária e utilizada em cirurgias de retirada de neoplasias mamárias. Alguns autores ainda acrescentam que, essa técnica, também pode ser utilizada em cirurgias vasculares e excisão de formações cutâneas (BATISTA et al., 2011).

A ocorrência de tumores mamários em roedores aumenta com a idade, havendo influência dos hormônios sexuais e ausência de envolvimento viral. Dietas ricas em gordura aumentam a incidência de tumores mamários nos mesmos, principalmente o fibroadenoma (CAVIGELLI et al., 2006).

O objetivo deste trabalho é relatar o bloqueio locorregional por tumescência em um porquinho-da-índia que foi submetido ao procedimento de mastectomia unilateral.

MÉTODO

Juntamente a Clínica Veterinária Integrado, foi atendido um porquinho-da-índia, fêmea, sem raça definida, de aproximadamente 7 anos de idade, pesando 450g. Junto a consulta o tutor relatou que o animal já estava com o tumor há aproximadamente 4 anos e que depois de alguns meses se tornou ferida aberta. Junto ao prévio exame clínico o animal foi submetido a uma radiografia abdominal, no qual o exame estava sem alterações e após o exame encaminhado a cirurgia.

No presente dia da cirurgia o animal foi reavaliado e submetido ao exame físico completo pré-anestésico, o mesmo passou por avaliações cardíacas e respiratórias, onde previamente a ausculta e frequências demonstram sem alterações prévias. O animal também foi submetido ao período de jejum pré-cirúrgico de oito horas e de duas horas de jejum hídrico.

Iniciou-se a contenção química do animal com o objetivo de uma analgesia preemptiva e sedação do mesmo, foi administrado dexmedetomidina (5ug/kg intra-muscular), cetamina (7mg/kg intra-muscular), midazolam (0,5mg/kg intra-muscular) e metadona (0,3mg/kg intra-muscular), logo após a medicação pré-anestésica o animal foi submetido a anestesia geral com propofol (1mg/kg intra-venoso) e a manutenção anestésica foi obtida por isoflurano junto a uma máscara. Após sua indução

anestésica, o paciente foi mantido em decúbito dorsal para a realização do bloqueio local de tumescência.

O bloqueio consiste em realizar uma sensibilização prévia no local da incisão cirúrgica, facilitando a manipulação durante o procedimento. O anestésico local lidocaína foi instilado no tecido subcutâneo do paciente, envolvendo o local do tumor e da incisão cirúrgica. Após a cirurgia, o animal teve sua recuperação assistida e monitorada até que os parâmetros fisiológicos se reestabelecessem, cuidados pós-operatórios também foram feitos, como a administração de fármacos analgésicos, como a dipirona na dose de 25mg/kg, antibióticos no qual foi utilizado ceftriaxona na dose de 30mg/kg e antiinflamatórios, onde foi escolhido meloxicam na dose de 0,1mg/kg.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As neoplasias mamárias são as mais comuns nas cadelas (MORRIS, DOBSON, 2001), constituindo 52% de todos os tumores que as afetam (QUEIROGA E LOPES 2002). Vários estudos aduzem uma incidência de aproximadamente 200 casos em 100 mil cães a cada ano (Vascellari et al., 2009).

O risco relativo de desenvolver neoplasia mamária é maior em fêmeas não castradas ou que foram submetidas à castração tardiamente (HEADLUND, 2008; JOHNSON, 2010), em especial após os seis anos de idade (DAVIS E STONE, 2008). Apesar disso, a etiologia definitiva da doença não é completamente entendida, embora haja evidências de dependência hormonal, visto que a incidência é menor em cadelas que foram submetidas à ovario-histerectomia precoce (Otoni et al., 2010).

O tratamento para a maioria dos tumores mamários é a excisão cirúrgica (MORRIS e DOBSON, 2001), com exceção daqueles portadores de doença metastática grave (VAN NIMWEGEN E KIRPESNTEIJN, 2012), tumores inoperáveis ou carcinomas inflamatórios (HEADLUND, 2008).

A mastectomia radical, procedimento comumente indicado, é considerada invasiva e extensiva, que resulta em edema, inflamação e processo álgico de ocorrência moderada a intensa (Gakiya et al., 2011). A dor pós-operatória tem efeitos mórbidos em pequenos animais e pode comprometer a recuperação. Uma analgesia adequada é essencial para garantir um rápido e bem-sucedido resultado pós-operatório (Sarrau et al., 2007).

A anestesia infiltrativa por tumescência é uma técnica muito empregada na medicina humana e tem se expandido a diversos procedimentos cirúrgicos em virtude da sua efetividade e relativa segurança no tratamento antiálgico (EL KHATIB, 2011). Atualmente, a tumescência vem sendo empregada na medicina veterinária como técnica adjuvante da anestesia geral em procedimentos de mastectomias

em cadelas, com a finalidade de melhorar o controle da dor durante o procedimento anestésico (LOPES E ALMEIDA, 2008).

Essa técnica, como a maioria das técnicas de anestesia regional em pequenos animais, deverá ser acrescentada à técnica de anestesia geral, devido as suas limitações em relação a colaboração por parte do paciente e sua intolerância em permanecer em decúbito e imóvel durante o procedimento cirúrgico (FUTEMA, 2009). A associação de ambas as técnicas diminui de maneira significativa o requerimento do anestésico volátil além de incrementar a analgesia pós-operatória imediata podendo, desta maneira, ocupar um papel de destaque como protocolo anestésico complementar para a realização de cirurgias oncológicas cutâneas (ABIMUSSI, 2012). Atualmente a solução anestésica administrada consiste em um anestésico local, um fármaco vasoconstritor, uma substância reguladora de pH e uma solução intravenosa estéril, que também podem estar associados a um fármaco anti-inflamatório esteroidal (Aguirre et al., 2014).

A lidocaína é o anestésico local mais utilizado em anestesia tumescente sendo o padrão pelo qual todos os anestésicos locais são medidos. Produz rápido início de ação e intenso bloqueio motor e sensitivo. Pode ser empregado em todas as modalidades de anestesia local e também pode ser usada como antiarrítmico e analgésico pela via intravenosa, tanto em anestesia como para tratar dor crônica (CREDIE, 2013).

A anestesia por tumescência apresenta vantagens que a tornam mais segura quando comparada a outros tipos de anestesia, como redução do sangramento durante o período transoperatório, longa analgesia trans e pós cirúrgica (podendo atingir até 10 horas), anestesia local extensa alcançando a área cirúrgica em lateralidade e profundidade simultaneamente, distensão da pele na área cirúrgica causada pelo grande volume de solução levando a uma dissecção com menos trauma tecidual e hemostasia por compressão de vasos sanguíneos, o que facilita a aproximação das bordas da ferida cirúrgica, menor edema e desconforto pós operatório e recuperação mais rápida, contando com a ausência de sinais de toxicidade (CORRÊA, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da técnica de tumescência se mostrou exequível no roedor submetido a mastectomia unilateral. O protocolo analgésico utilizado minimizou a dor pós-operatória. Apesar da pouca literatura encontrada na medicina veterinária acerca de seu uso limitado, essa técnica tem potencial para ser utilizada cada vez mais, se mostrando uma alternativa analgésica eficaz na dor pós-operatória.

Palavras-chave: Anestesia, Tumescência, Protocolo.

REFERÊNCIAS

ABIMUSSI, C.J.X. Anestesia por tumescência com lidocaína ou ropivacaína em diferentes concentrações em cadelas submetidas a mastectomia. 2012. 72f. Dissertação (Mestrado em Anestesiologia Veterinária) - Universidade estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu - SP.

AGUIRRE, C.S. et al. Anestesia convencional e técnica de tumescência em cadelas submetidas à mastectomia. Avaliação da dor pós-operatória. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.66, n.4, p.1073-1079, 2014.

BATISTA, D.S. et al. Anestesia por tumescência para cirurgia de mastectomia em cadela - relato de caso. In. IV Congresso Centro-Ocidental do Paraná - CONCCEPAR. Anais. 2011.

CAVIGELLI, S.A. et al. Infant temperament predicts life span in female rats that develop spontaneous tumors. Hormones and Behavior, v.50, n3, p. 454-462, 2006.

CORRÊA, A. Anestesia Local Tumescente em Cadelas Submetidas à Mastectomia. 2013. 39f. Monografia (Especialização em Clínica Médica e Cirúrgica de Pequenos Animais) - Fundação Educacional Jayme de Altavila. Curitiba - PR.

CREDIE, L.F.G. Avaliação perioperatória da técnica de anestesia por tumescência em cadelas submetidas à mastectomia unilateral. 2013. 135f. Dissertação (Mestrado em Anestesiologia Veterinária) - Universidade estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu - SP.

DAVIS, K.M.; STONE, E.A. Neoplasia da glândula mamária. In: BICHARD, S.J.; SHERDING, R.G. (Ed.). Manual Saunders – Clínica de pequenos animais. 3.ed. São Paulo: Roca, 2008. p.316-320.

EL KHATIB, E.M.; REPETTI, C.S.T; PIRES, P.T.A.; HATAKA, A. Técnica infiltrativa por tumescência associada à pesquisa do linfonodo sentinela na mastectomia em cadelas: estudo experimental. Rev. Nosso Clin., v.80, p.24-32, 2011.

FUTEMA, F. Anestesia por tumescência. In: Encontro de Anestesiologia Veterinária, 7., 2005, São Luís. Anais...São Luís: [s.n.] 2005. p.88-97.

GAKIYA, H.H.; SILVA, D.A.; GOMES J. et al. Electroacupuncture versus morphine for the postoperative control pain in dogs. Acta Cirur. Bras., v.26, p.346-351, 2011.

HEADLUND, C.S. Cirurgia do sistema reprodutivo e genital. In: FOSSUM, T.W. (Ed.) Cirurgia de pequenos animais. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. p.702-774.

LOPES, B.C.C.; ALMEIDA, R.M. Anestesia local no controle da dor: a técnica infiltrativa por tumescencia – revisão de literatura. Rev. Clin. Vet., v.13, p.70-74, 2008.

MORRIS, J.; DOBSON, J. Mammary gland. In: MORRIS, J.; DOBSON, J. Small animal oncology. Iowa: Blackwell Science, 2001. p.184- 189.

OTONI, C.C.; RAHAL, S.; VULCANO, L.C. et al. Survey radiography and computerized tomography imaging of the thorax in female dog with mammary tumors. Acta Vet. Scand., v.52, p.20, 2010.

SARRAU, S.; JOURDAN, J.; DUPUISSOYRIS, F.; VERWAERDE, P. Effects of postoperative ketamine infusion on pain control and feeding behavior in bitches undergoing mastectomy. J. Small Anim. Prac., v.48, p.670- 676, 2007.

VAN NIMWEGEN, S.; KIRPENSTEIJN, J. Specific disorders. In: TOBIAS, K.M.; JOHNSTON, S.A. (Ed.) Veterinary surgery small animal. Missouri: Elsevier, 2012. p.1320- 1325.

VASCELLARI, M.; BAIONI, E.; RU, G. et al. Animal tumor registry of two provinces in northern Italy: incidence of spontaneous tumors in dogs and cats. BMC Vet. Res., v.5, p.39, 2009.

Capítulo 2

10.37423/250309749

EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO IONIZANTE EM EXAMES RADIOGRÁFICOS NO CAMPO DA MEDICINA VETERINÁRIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Geovana Paes da Silva

Centro Universitário Cesumar

Isabella Araújo Silva

Centro Universitário Cesumar



Resumo: A exposição à radiação ionizante é um risco para todos os envolvidos em procedimentos radiológicos veterinários. Diferente da medicina humana, a contenção manual de pacientes é frequentemente necessária além de o auxílio humano ser imprescindível ao se realizar imagens radiográficas em grandes animais. No entanto, diretrizes precisas e juridicamente vinculativas para exposição à radiação na medicina veterinária são escassas em muitos países. Uma análise sistemática da literatura em exames radiográficos veterinários pode aprimorar a compreensão dos riscos da exposição à radiação, subsidiando diretrizes de controle e monitoramento mais eficazes. Diante disso, o presente estudo trata-se de uma revisão sistemática baseada nas recomendações da Declaração PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), para identificar os trabalhos publicados sobre a exposição à radiação ionizante no campo da medicina veterinária levando em conta o paciente, o tutor e os profissionais da saúde. A base de dados utilizada foi o PubMed (www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov). Os termos de busca aplicados na pesquisa foram veterinary; animal; occupational e x radiation. Após a análise dos resumos e textos completos de artigos inicialmente identificados, 21 registros foram encontrados, dos quais 20 foram selecionados como pesquisas relevantes. Aplicando critérios de exclusão e inclusão, 11 artigos permaneceram elegíveis, majoritariamente estudos transversais que utilizaram questionários digitais para coletar dados de médicos veterinários. Os estudos priorizaram a exposição ocupacional de veterinários, com uma atenção limitada à exposição dos tutores e animais, destacando a necessidade de mais pesquisas nessa área.

Palavras-chave: Exposição; Raio X; Veterinária.

INTRODUÇÃO

Radiação é a propagação de energia através do espaço ou de materiais em forma de ondas eletromagnéticas ou partículas subatômicas. Essa energia pode ser transportada em diferentes formas de radiação, como raios-X, radiação gama, luz visível, infravermelho, ultravioleta, ondas de rádio e outras. A radiação pode ser dividida em duas categorias principais: radiação ionizante e não ionizante (CARDOSO, 2003).

A radiação não ionizante é aquela que não apresenta energia suficiente para remover elétrons de átomos e moléculas, e não cria íons e radicais livres. Exemplos de radiação não ionizante incluem ondas de rádio, micro-ondas, luz visível, infravermelho e ultravioleta (OKUNO, 2013). Em contrapartida, a radiação ionizante possui tal energia capaz de remover elétrons de átomos e moléculas, gerando íons e radicais livres como resultado do processo. Essa radiação pode ser de origem natural ou ainda de origem artificial, como é o caso da radiação emitida por máquinas de raio-X (CARDOSO,2003).

A radiação não ionizante é geralmente menos prejudicial aos seres vivos quando comparada a radiação ionizante. A exposição à radiação ionizante pode resultar em efeitos nocivos ao organismo, afetando células, tecidos e órgãos. Esses efeitos negativos incluem mutações genéticas, câncer e o desenvolvimento de doenças relacionadas à radiação, entre outros problemas biológicos (OKUNO, 2013).

A radiografia é uma ferramenta diagnóstica essencial na prática veterinária, permitindo visualizar estruturas internas do corpo como órgãos, ossos e tecidos moles. É rápida, não invasiva e acessível, tornando-se popular na prática clínica. As imagens radiográficas ajudam a diagnosticar fraturas, tumores, infecções, lesões traumáticas e outras condições de saúde (PALGRAVE, 2012).

Apesar de sua importância, a radiografia veterinária também possui desvantagens a serem consideradas, entre as quais pode-se citar a presença de artefatos nas imagens (SOARES, 2008), a limitação na avaliação de tecidos moles, a possibilidade de subestimar ou superestimar a densidade óssea e a necessidade de administrar sedativos aos animais, o que pode acarretar riscos adicionais à saúde. Além disso, a exposição prolongada à radiação ionizante pode ser prejudicial tanto para veterinários quanto para os animais (MEOMARTINO et al., 2021).

Meomartino et al. (2021) compararam a prática veterinária à pediatria, onde a contenção manual é frequentemente necessária durante a realização de exames radiográficos. Na medicina humana, os

pais ou responsáveis geralmente realizam a contenção, ao passo que na veterinária, os profissionais são responsáveis pela contenção do paciente a fim de se garantir uma posição padronizada que possibilite a obtenção de imagens precisas.

Pesquisas realizadas em diferentes países, como EUA, Canadá, Austrália e Reino Unido, mostram que tal prática é comum e amplamente utilizada. Em muitos casos, mais de 80% dos veterinários afirmam usar a contenção manual para radiografias em suas clínicas. Em conclusão os autores recomendam que os animais sejam sedados afim de se evitar a contenção manual por parte dos profissionais (MAYER et al., 2019). No entanto, Meomartino et al. (2021) afirma que, em casos críticos, a sedação ou anestesia profunda pode ser desfavorável trazendo assim mais uma vez a necessidade de operadores humanos para garantir o posicionamento adequado dos pacientes, sendo esta uma das principais causas de exposição indevida à radiação. Além disso, ao contrário da pratica médica em seres humano, na qual a realização de exames radiográficos é limitada a instalações médicas, o uso veterinário de radiação ionizante pode ocorrer fora de instalações veterinárias. Isso apresenta problemas particulares e exige educação e treinamento específicos para o médico veterinário (International Atomic Energy Agency, 2021).

Um estudo realizado por Wilson et al. (2021) analisou o impacto do afastamento dos operadores de equipamentos de raios-X durante procedimentos radiográficos. Ao comparar a exposição à radiação quando o operador estava próximo à mesa de raios-X com o afastamento por alguns passos, os resultados mostraram uma redução média de 70% na exposição à radiação ao afastar-se da mesa. Portanto, a recomendação é que os operadores se afastem sempre que possível para minimizar os riscos de exposição à radiação.

Seifert et al. (2007) avaliou o risco de exposição à radiação dos proprietários de animais de estimação durante exames de raios-X em clínicas veterinárias. Os resultados mostraram que a dose de radiação média recebida pelos proprietários durante exames abdominais, torácicos e pélvicos de seus cães e gatos foi baixa e não representou um risco significativo para sua saúde. Embora a dose mais alta tenha sido observada nos exames pélvicos, ainda assim se manteve abaixo dos limites recomendados. O estudo concluiu que os proprietários que acompanham seus animais durante esses exames padronizados de raios-X veterinários não estão expostos a doses significativas de radiação, e o risco é considerado baixo em comparação com outras fontes de radiação ambiental.

Ainda no que diz respeito à clínica de grandes animais, Tyson et al. (2011) relatam o uso comum de unidades portáteis de raio-X, no entanto preocupações com a exposição à radiação para o operador

surgem devido às regulamentações que desencorajam o uso manual e recomendam suportes para a máquina, pouco utilizados devido ao peso e tamanho. A falta de uso frequente de aventais e luvas de chumbo também é observada pelos mesmos motivos.

Algumas populações de veterinários de grandes animais, como aqueles que lidam com cavalos em leilões de alto nível, realizam um grande número de radiografias. Em um complexo de vendas de cavalos puro-sangue em Kentucky, por exemplo, foram realizadas cerca de 160.000 radiografias em um período de duas semanas. Isso pode resultar em uma carga de trabalho extrema para os veterinários envolvidos, e é importante investigar métodos para reduzir a exposição ocupacional à radiação. Além disso, é proposto que empresas incorporem meios físicos para proteger o operador da radiação de vazamento no design da máquina de raios-X portátil, em linha com as normas estabelecidas pelo NRC (Comissão Reguladora Nuclear) (TYSON et al., 2011).

A dosimetria em animais é uma área pouco estudada no Brasil e há poucos estudos relacionados a esse tema no exterior. Até o momento, apenas algumas pesquisas avaliaram a medida de doses em animais domésticos durante exames físicos de tórax, e os resultados indicaram doses da ordem de alguns mGy. Os resultados obtidos destacam a relevância da avaliação das doses de radiação em procedimentos de radiologia veterinária, com o objetivo de medir a quantidade de radiação entregue aos animais e utilizar essa informação como referência no monitoramento individual dos tutores de animais de estimação que ajudam no posicionamento destes. Ademais, essa avaliação é fundamental para proteger os trabalhadores expostos à radiação nas clínicas de radiologia veterinária (VENEZIANI, 2010). Não foram encontrados outros trabalhos que abordem a dosimetria em animais de forma mais ampla.

A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) foi criada em 1928 para estabelecer padrões de proteção contra a radiação ionizante e limites de exposição para aqueles que estão expostos à radiação em seus trabalhos e para o público em geral (OKUNO, 2010). A radioproteção tem como objetivo prevenir ou reduzir os efeitos somáticos e a deterioração genética causados pela exposição à radiação ionizante. Toda exposição à radiação pode causar danos às células e os danos genéticos são cumulativos e irreversíveis, por isso é necessário reduzir ao máximo a exposição dos indivíduos e da população à radiação (SOARES, 2008).

De acordo com Soares (2008), o Princípio da Aplicação do Limite de Dose Individual estabelece que a dose efetiva não deve ultrapassar um limite estabelecido, sendo necessário considerar tanto a exposição externa quanto a interna. Segundo o autor é possível monitorar a dose de radiação em

indivíduos ocupacionalmente expostos utilizando um monitor individual que representa a parte do corpo mais exposta. No Brasil, os laboratórios de monitoração individual são credenciados apenas para medir a exposição externa de fótons, e não é rotineiramente realizada a dosimetria externa para exposições beta ou alfa nem a dosimetria interna.

O profissional encarregado da realização das radiografias deve ser capacitado para aplicar a técnica radiográfica apropriada, visando à obtenção de imagens de elevada qualidade diagnóstica, com o menor nível possível de exposição radiológica ao paciente. Ele deve também adotar procedimentos de trabalho seguro, como posicionar-se dentro da cabine de comando ou atrás de biombo de proteção e deixar apenas o paciente dentro da sala de exames, com a porta da sala fechada, o que não é uma realidade na rotina veterinária. Caso seja necessário conter alguma criança ou animal, o acompanhante é quem deve participar do exame devidamente protegido com avental plumbífero (SOARES, 2008).

Apesar de toda problemática exposta, diretrizes precisas e juridicamente vinculativas para aplicações veterinárias não estão bem estabelecidas na maioria dos países. É importante entender os estudos sobre exposição ao raio X na medicina veterinária para evitar exposições desnecessárias à radiação. Frente a isso, o estudo em questão visou realizar uma revisão sistemática sobre a exposição à radiação ionizante em exames radiográficos veterinários, analisando estudos relacionados ao paciente, tutor e profissional de saúde a fim de melhorar a compreensão dos riscos associados e fornecer subsídios para a criação de diretrizes de controle de exposição e monitoramento mais eficazes.

DESENVOLVIMENTO

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática de literatura baseado nas recomendações da Declaração PRISMA 2020 (Preferred Reporting Itens for Systematic Reviews and Meta-Analyses), para identificar os trabalhos publicados sobre a exposição à radiação ionizante no campo da medicina veterinária levando em conta o paciente, o tutor e os profissionais da saúde.

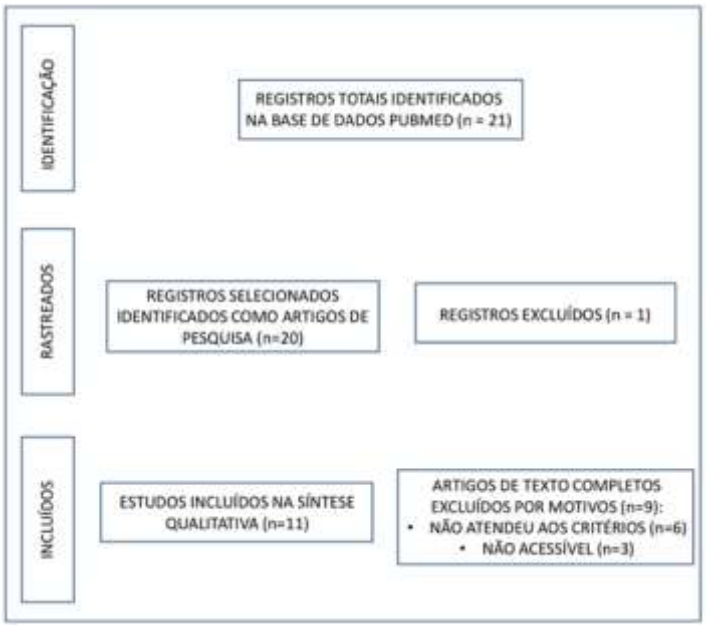
A base de dados utilizada para realização da pesquisa foi o PubMed (www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov). Os termos de busca selecionados e aplicados na pesquisa dessa revisão foram os seguintes: veterinary; animal; occupational e x radiation. Os resumos e textos completos dos artigos publicados recuperados foram analisados para inclusão.

As diretrizes processuais do PRISMA foram: (a) pesquisa de banco de dados para categorizar artigos potencialmente relevantes, (b) avaliação da relevância dos artigos, (c) avaliação da qualidade e (d) extração de dados. Com base nos critérios de pesquisa, os artigos foram identificados, analisados e refinados para a seleção dos artigos alvos desta revisão, como mostra a figura 1.

Os critérios de inclusão utilizados foram artigos de pesquisa publicados entre os anos de 1990 e 2023 que fizessem referência à exposição à radiação ionizante em exames radiográficos veterinários. Os critérios de exclusão foram estudos que não fossem artigos de pesquisa, incluindo artigos de revisão, estudos de caso, capítulos de livro e artigos duplicados.

Na busca preliminar, foram identificados 21 artigos como registros totais. Destes, 20 registros foram selecionados como artigos de pesquisa. No entanto, após a aplicação dos critérios de exclusão e inclusão, restaram 11 artigos elegíveis.

Figura 1. Fluxograma dos Itens de Relatórios Preferenciais para Revisões Sistemáticas e Meta-Análise (PRISMA).



Fonte: Autores (2024).

ANÁLISE DE DADOS

Todos os dados extraídos das diferentes publicações foram classificados no Microsoft Excel® e analisados por estatística descritiva. A análise dos 11 artigos selecionados será abordada nesta seção.

Tabela 1. Descrição dos estudos selecionados para a revisão sistemática entre os anos de1990 e 2023.

ANO	AUTORES	TÍTULO	TIPO	POPULAÇÃO	PAÍS	JORNAL	DOI
1999	JENSEN & LINGS, 1999	Working environment in Danish veterinary clinics	Estudo transversal	Médicos veterinários	Dinamarca	Ugeskr Laeger	-
2007	SHIRANGI et al., 2007	Prevalence of occupational exposures and protective practices in Australian female veterinarians	Estudo transversal	Veterinárias do sexo feminino	Austrália	Australian Veterinary Journal	10.1111/j.1751-0813.2006.00077.x
2008	SOEST & FRITSCHI, 2004	Occupational health risks in veterinary nursing: an exploratory study	Estudo transversal	Enfermeiros veterinários	Austrália	Australian Veterinary Journal	10.1111/j.1751-0813.2004.tb11101.x.
2011	HUPE & ANKERHOLD, 2011	Determination of the dose to persons assisting when X-radiation is used in medicine, dentistry and veterinary medic	Estudo observacional analítico	Dentistas, médicos humanos e veterinários	Alemanha	Radiation Protection Dosimetry	10.1093/rpd/ncq351.
2012	EPP & WALDNER, 2012	Occupational health hazards in veterinary medicine: physical, psychological, and chemical hazards	Estudo transversal	Médicos veterinários	Canadá	The Canadian Veterinary Journal	-
2018	MACEDO et al., 2018	Work environment and occupational risk assessment for small animal Portuguese veterinary activities	Estudo transversal	Clínicos de pequenos animais	Portugal	Journal of Occupational and Environmental Hygiene	10.1080/15459624.2017.1395958
2019	MAYER et al., 2019	Self-reported use of x-ray personal protective equipment by Saskatchewan veterinary workers	Estudo transvesal	Médicos veterinários	Canadá	Journal of the American Veterinary Medical Association	10.2460/javma.254.3.409.
2021	BELOTTA et al., 2021	Radiation safety practices among Canadian equine veterinary workers during diagnostic procedures with portable X-ray equipment	Estudo prospectivo observacional	Veterinários de equinos	Canadá	The Canadian Veterinary Journal	-
2021	BELOTTA et al., 2021	Survey of self-reported radiation safety practices among North American veterinary technicians involved in equine radiography using portable x-ray equipment	Estudo transversal	Veterinários de equinos	EUA	Journal of the American Veterinary Medical Association	10.2460/javma.259.8.919.
2022	BELOTTA et al., 2022	X-ray tube operators can be exposed to equal or higher scattered radiation doses to the hand as cassette holders during diagnostic radiographic procedures of the equine vertebral column and limbs	Estudo experimental	Veterinários de equinos	EUA	American Journal of Veterinary Research	10.2460/ajvr.21.08.0134.
2023	GRANELLA et al., 2023	Knowledge and practice of radiation safety in Brazilian equine veterinarians are less than optimal: An online survey	Estudo transversal	Médicos veterinários	BRASIL	Veterinary Radiology & Ultrasound	10.1111/vru.13306

Fonte: Autores (2024).

ANO DE PUBLICAÇÃO DO ESTUDO

Na análise dos 11 estudos selecionados para a pesquisa em questão, constatou-se que apenas 1 deles, equivalente a aproximadamente 9% do total, foi conduzido na década de 90, marcando sua realização no século passado. Em contraste, os 10 estudos restantes, que constituem cerca de 91% do total analisado, foram realizados entre os anos de 2007 e 2023. Essa distribuição temporal dos estudos evidencia um notável aumento na atenção dada à exposição a radiação ionizante na medicina veterinária.

PAÍS DO ESTUDO

Dos 11 estudos encontrados, a distribuição geográfica revela uma diversidade de origens, com 1 estudo realizado na Alemanha, 1 no Brasil, 1 na Dinamarca, 1 em Portugal, 2 na Austrália, 2 nos Estados Unidos e 3 no Canadá. Esta variedade geográfica dos estudos reflete o interesse global na questão da exposição ao raio X na medicina veterinária, evidenciando que, embora a pesquisa esteja sendo conduzida em diversas partes do mundo, ainda existe um vasto campo a ser explorado. A

concentração de estudos em certas regiões, ao passo que outras permanecem menos representadas, sugere a necessidade de uma abordagem mais abrangente e colaborativa internacionalmente. Essa distribuição sinaliza tanto o reconhecimento da importância da segurança radiológica na veterinária em diferentes países quanto a oportunidade de ampliar o escopo das pesquisas para incluir mais regiões e contextos, potencializando assim a compreensão e a implementação de práticas mais seguras globalmente.

Gráfico1. Distribuição Geográfica dos Estudos sobre Exposição à Radiação Ionizante na Medicina Veterinária

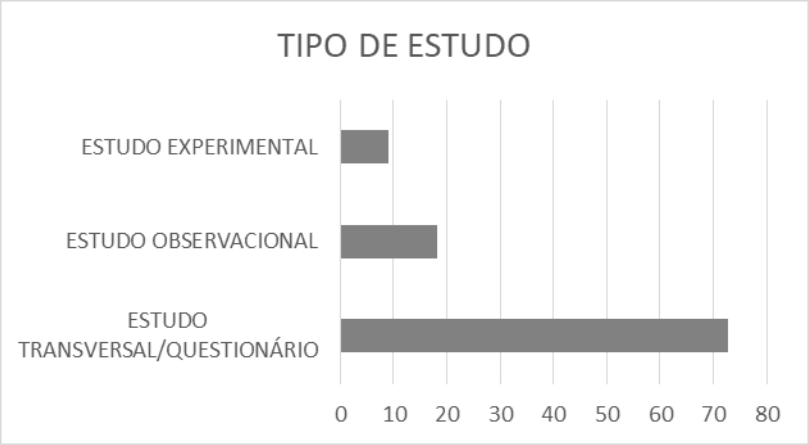


Fonte: Autores (2024).

TIPO DE ESTUDO

Entre os 11 estudos analisados na pesquisa, 8 deles, correspondendo a aproximadamente 72% do total, são de natureza transversal, tendo sido realizados a partir da aplicação de questionários a médicos veterinários. Os 3 estudos restantes, que representam cerca de 28% da amostra, diversificam-se em métodos de pesquisa: 2 deles são do tipo observacional, explorando aspectos práticos e resultados diretos no ambiente de trabalho, e apenas 1 estudo é experimental, realizado especificamente com carcaças de cavalos mortos.

Gráfico 2. Tipos de Estudo na Pesquisa sobre Exposição à Radiação Ionizante na Medicina Veterinária



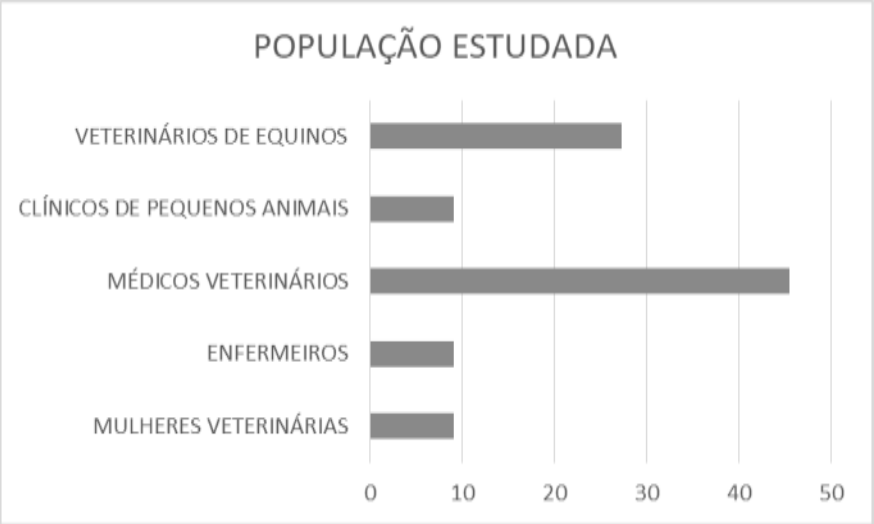
Fonte: Autores (2024).

POPULAÇÃO ESTUDADA

Dentre os estudos analisados, a diversidade das amostras é notável. Um dos estudos, representando aproximadamente 9% do total de artigos encontrados, concentrou-se exclusivamente em estudar a exposição ocupacional de mulheres veterinárias. Outro estudo, também correspondendo a cerca de 9%, dedicou-se a estudar os riscos ocupacionais em enfermeiros veterinários e de maneira similar, uma proporção equivalente de estudos dedicou-se a estudar clínicos de pequenos animais.

Além disso, 5 dos estudos, representando cerca de 45% da amostra, foram realizados com médicos veterinários de forma geral, abrangendo uma visão ampla das práticas e percepções desse grupo profissional e, por fim, dois estudos, que somam cerca de 27% do total, direcionaram-se aos clínicos de equinos, evidenciando as necessidades e desafios específicos encontrados no cuidado e tratamento radiológico desses animais. Essa distribuição de amostras nos estudos reflete a abrangência e a profundidade com que a questão da exposição à radiação está sendo investigada dentro da medicina veterinária, apontando para um interesse diversificado que abrange desde a prática clínica até questões de segurança ocupacional.

Gráfico 3. Diversidade da População Estudada em Pesquisas sobre Exposição à Radiação na Medicina Veterinária



Fonte: Autores (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentre os 11 artigos selecionados para embasar esta pesquisa, notou-se uma predominância significativa de estudos de corte transversal, representando mais da metade dos trabalhos analisados.

Foi identificado um estudo relevante da década de 90, realizado na Dinamarca, que investigou a exposição ocupacional dos veterinários à radiação e outras condições de trabalho específicas à profissão. A pesquisa se baseou em um questionário distribuído a 654 veterinários, os quais foram identificados por meio de listas telefônicas. A taxa de resposta foi notavelmente alta.

A grande maioria dos respondentes, relatou trabalhar com raios-X, e quase todos eles afirmaram usar aventais de chumbo como medida de proteção contra a radiação. Além disso, a grande maioria também usava luvas de chumbo, indicando uma consciência significativa sobre a importância da proteção pessoal durante a realização de exames radiográficos. Quanto ao uso de crachás de filme, que são dispositivos usados para monitorar a exposição à radiação, dois terços dos participantes afirmaram carregá-los sempre, enquanto o restante o fazia apenas ocasionalmente. Por outro lado, o estudo também revelou que uma pequena fração dos veterinários apresentou exposição à radiação nos últimos cinco anos, evidenciando que, apesar das medidas de proteção adotadas, ainda existiam casos de exposição significativa.

Um estudo transversal realizado com um grupo de enfermeiros veterinários que participaram da Conferência Internacional de Enfermeiros Veterinários em Brisbane, Austrália, em 2003, tinha como objetivo investigar a prevalência de determinadas exposições e problemas de saúde entre os profissionais, bem como identificar as principais preocupações desses enfermeiros em relação aos riscos à saúde ocupacional que poderiam enfrentar. Este estudo revelou uma prevalência quase universal (97%) de exposição à radiação X entre os participantes, destacando a extensa exposição a riscos ocupacionais na profissão.

Em sequência, um outro estudo transversal, igualmente conduzido na Austrália em 2007, trouxe à tona aspectos complementares sobre a exposição a riscos ocupacionais entre mulheres veterinárias. Realizado por meio da aplicação de questionários, o estudo visava identificar a prevalência de exposição a riscos ocupacionais potencialmente prejudiciais na população estudada, incluindo a exposição ao raio X. Os resultados obtidos indicaram que os praticantes que atuam principalmente com pequenos animais relataram uma maior frequência na realização de raios-X, alcançando um percentual de 90%. Além disso, foi observado que 56% dos entrevistados empregavam restrição física nos animais durante os procedimentos de raios-X, uma técnica que pode potencialmente elevar o risco de exposição à radiação para os profissionais. Apenas 20% (um em cada cinco entrevistados) reportou o uso de suportes de filme e telas principais, equipamentos essenciais para a minimização da exposição direta à radiação.

Ainda um estudo realizado na Alemanha teve como foco a investigação da exposição à radiação de indivíduos auxiliando em procedimentos radiográficos em várias áreas da saúde, incluindo a prática veterinária com pequenos e grandes animais. Os resultados indicam que, durante os exames radiográficos, especialmente na veterinária, assistentes — muitas vezes os próprios donos dos animais — estão expostos à radiação dispersa. A intensidade dessa exposição varia conforme a energia aplicada e o tamanho da área irradiada no paciente. Nos procedimentos com cavalos, apesar do extenso campo de irradiação, as doses de radiação recebidas pelos assistentes são consideravelmente baixas, devido à distância mantida durante o exame. Embora o número de radiografias necessárias para grandes animais seja geralmente limitado a poucas por ano, a venda de um cavalo pode demandar até 20 radiografias, culminando em uma dose acumulada de cerca de 13 mSv.

Em outra pesquisa, foi investigada a exposição a riscos físicos, psicológicos e químicos entre veterinários na região oeste do Canadá, no ano de 2012, utilizando um questionário autoaplicado. Os

resultados evidenciaram que uma parcela significativa dos profissionais, reportou ter sofrido exposição acidental à radiação.

Ainda outro estudo transversal realizado em Portugal visou abordar sobre os riscos ocupacionais enfrentados por profissionais de 15 clínicas veterinárias no Canadá, incluindo perigos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e psicológicos. Entre esses, a exposição à radiação de raios-X se destacou como uma preocupação significativa. Para a realização deste estudo foi utilizada inspeções visuais, entrevistas com trabalhadores e quantificação de parâmetros de qualidade do ar interior, para identificar potenciais riscos e avaliar a exposição ocupacional.

Foi constatado que o risco decorrente da exposição aos raios-X era inaceitável em sete das clínicas avaliadas. A análise sugere que os exames de raios-X deveriam ser descontinuados nessas instalações na ausência de salas de radiação isoladas, práticas de segurança inadequadas e falta de equipamento de proteção individual. Contudo, a exposição à radiação de raios-X emergiu como um risco significativo.

Outro estudo realizou uma análise detalhada do uso autorreferido de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) específicos para radiação X por trabalhadores veterinários em Saskatchewan, Canadá, revelando práticas importantes e áreas de melhoria potencial na segurança radiológica. Uma pesquisa transversal com 331 participantes destacou uma adesão relativamente alta ao uso de aventais de chumbo e escudos de tireoide durante procedimentos radiográficos. No entanto, o uso de óculos de proteção e luvas de chumbo apresentou uma frequência significativamente menor, especialmente as luvas, que eram usadas corretamente menos da metade do tempo por dois terços dos entrevistados.

Mais um estudo, realizado em 2021, objetivou avaliar as práticas de segurança contra radiação entre trabalhadores que lidam com equinos e utilizam equipamentos portáteis de raios-X em três diferentes instituições veterinárias no Canadá, incluindo uma academia e duas clínicas privadas de referência para equinos. Foi observado que a maioria dos trabalhadores adotava medidas de proteção, com o uso de aventais de proteção sendo quase universal. Entretanto, o uso de escudos de tireoide e óculos de proteção apresentou variações, sendo relativamente alto para os escudos de tireoide, mas baixo para os óculos. Uma prática preocupante identificada foi o manuseio direto dos cassetes e unidades de raios-X pelos trabalhadores, uma ação comum que destaca a necessidade de melhorias no uso de equipamentos de proteção. Além disso, o uso de luvas mostrou-se variável, sendo mais frequente entre técnicos do que entre veterinários e variando significativamente entre as diferentes práticas observadas.

Uma outra pesquisa avaliou as práticas de segurança contra radiação autorreportadas por técnicos veterinários equinos na América do Norte. Entre 154 técnicos que participaram da radiografia equina, foi observado que o uso de aventais de chumbo e proteção tireoidiana é insuficiente, com uma parcela considerável de participantes negligenciando completamente a proteção dos olhos e das mãos contra radiação. A disponibilidade limitada de equipamentos de proteção, como óculos de chumbo, contribui para esta lacuna na prática segura. Além disso, a pesquisa revelou diferenças notáveis no uso de luvas de proteção e dispositivos de monitoramento de dose de radiação pessoal, sugerindo uma variação nas práticas de segurança entre operadores de tubos de raios-X e portadores de cassetes.

Um estudo experimental realizado com veterinários de equinos nos Estados Unidos focou na avaliação da radiação dispersa nas mãos dos trabalhadores equinos que manuseiam cassetes e tubos de raios-X durante exames radiográficos de cavalos, comparando também a eficácia de luvas de proteção de chumbo e sem chumbo. Realizado com um cadáver de cavalo e um aparelho portátil de raios-X, o estudo constatou que os operadores do tubo de raios-X podem receber doses de radiação dispersa semelhantes ou superiores às dos portadores do cassete, dependendo do tipo de exame realizado. Foi evidenciado que as luvas de chumbo e as sem chumbo reduzem significativamente a radiação dispersa. Os resultados ressaltam a necessidade de escolher cuidadosamente os equipamentos de proteção pessoal para reduzir a exposição à radiação, considerando a eficácia e a praticidade das luvas sem chumbo como uma alternativa viável às tradicionais luvas de chumbo, desde que seu uso mais leve encoraje uma adesão mais consistente por parte dos trabalhadores.

Um último estudo identificado durante a pesquisa foi realizado em 2023 no Brasil. Este estudo investigou as práticas de proteção radiológica adotadas por veterinários brasileiros que utilizam equipamentos portáteis de raios-X digitais em cavalos, além de avaliar o conhecimento desses profissionais sobre a legislação vigente relacionada à radiação ionizante. O estudo foi realizado a partir da aplicação de questionários enviados a 120 veterinários de todo o país, obtendo-se uma taxa de resposta inferior a um terço. A análise revelou maior participação de profissionais vinculados a instituições públicas, com a maioria dos respondentes localizados na região Sudeste e sendo do sexo masculino. Observou-se que veterinários autônomos tinham maior probabilidade de não usar equipamentos de proteção individual em comparação com aqueles em instituições públicas. Além disso, a falta de conhecimento sobre a legislação atual mostrou-se um fator de risco para a adoção insuficiente de medidas de proteção radiológica. Os resultados indicam que os veterinários equinos

no Brasil geralmente não seguem práticas adequadas de proteção contra radiação ionizante durante exames radiográficos e possuem baixo conhecimento sobre a legislação pertinente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos estudos selecionados para a pesquisa sobre exposição à radiação ionizante na medicina veterinária revela tendências significativas e lacunas na literatura existente. Nota-se que mais da metade dos estudos identificados durante a pesquisa se concentravam nos Estados Unidos e no Canadá. Isso indica uma atenção particular dessas regiões à questão da exposição à radiação em ambientes veterinários, possivelmente refletindo uma maior conscientização ou disponibilidade de recursos para investigar e mitigar os riscos associados.

A predominância do uso de questionários na coleta de dados destaca uma abordagem metodológica voltada para entender as percepções, práticas e conhecimentos dos profissionais sobre a segurança radiológica. Essa metodologia contribuiu para um entendimento mais rico dos comportamentos de segurança e das áreas que necessitam de maior atenção e intervenção.

Por outro lado, a pesquisa evidencia uma carência significativa de estudos no Brasil, com apenas um estudo abordando a temática da exposição à radiação ionizante na medicina veterinária. Essa lacuna sugere a necessidade de uma maior atenção e investimento em pesquisas na região, considerando a importância da segurança radiológica tanto para os profissionais quanto para os animais atendidos.

Além disso, a diversidade dos tipos de estudo revela que, embora a maioria seja transversal e baseada em questionários, existem apenas dois estudos observacionais realizados in loco em estabelecimentos de saúde veterinária e somente um estudo do tipo experimental focado na mensuração da exposição à radiação. Isso indica uma oportunidade para expandir a pesquisa para além das percepções e autorrelatos, incorporando avaliações objetivas e quantitativas da exposição à radiação, tanto para os profissionais quanto para os animais e pessoas que auxiliam durante a realização de procedimentos radiográficos.

Em conclusão, a análise demonstra a importância de ampliar o escopo das pesquisas na área de segurança radiológica na medicina veterinária, enfatizando a necessidade de mais estudos experimentais e observacionais que mensurem diretamente a exposição à radiação. Além disso, é essencial expandir a abrangência geográfica das pesquisas para incluir regiões menos representadas, como o Brasil, para garantir uma compreensão global e inclusiva dos riscos e das práticas de segurança radiológica no campo da medicina veterinária

REFERÊNCIAS

CARDOSO, E. M., A energia nuclear.3. ed. Rio de Janeiro: CNEN, 2012. 52P. (Série Educativa).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Radiation protection and safety in veterinary medicine. IAEA Safety Reports Series, no. 104. Vienna: IAEA, 2021. p. 1-2.

MAYER, M. N.; KOEHNCKE, N. K.; TAHERIAN, A. C.; WALDNER, C. L. Self-reported use of x-ray personal protective equipment by Saskatchewan veterinary workers. Journal of the American Veterinary Medical Association, v. 254, n. 3, p. 409-417, 2019.

MEOMARTINO, L.; GRECO, A.; DI GIANCAMILLO, M.; BRUNETTI, A.; GNUDI, G. Imaging techniques in Veterinary Medicine. Part I: Radiography and Ultrasonography. European Journal of Radiology Open, v. 8, 2021.

OKUNO, E., Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidentes radiológicos de Goiânia. Estudos Avançados, v. 27, n. 77, p. 185-200, 2013.

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M. Física das radiações. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. p. 263-276. PALGRAVE, K. Radiography in veterinary practice – a review and update. Veterinary Nursing Journal, v. 27, p. 51-55, 2012.

PAGE, M. J.; et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, v. 372, 2021. DOI: https://doi.org/10.1136/bmj.n71.

SEIFERT, H., LÜPKE, M., NIEHAUS, H., MEYER-LINDENBERG, A. Radiation exposure of the pet owner during standardized X-ray diagnostic examinations of dogs and cats. Berlin and Munich Veterinary Weekly Journal, v. 120, n. 5-6, p. 251–259, 2007.

SOARES, J. C. A. C. R. Princípios básicos de física em radiodiagnóstico. 2. ed. rev. São Paulo: Colégio Brasileiro de Radiologia, 2008.

TYSON, R.; SMILEY, D. C.; PLEASANT, R. S.; DANIEL, G. B. Estimated operator exposure for hand holding portable X-ray units during imaging of the equine distal extremity. Veterinary Radiology and Ultrasound, v. 52, n. 2, p. 121-124, 2011.

VENEZIANI, G. R.; MATSUSHIMA, L. C.; FERNANDEZ, R. M.; RODRIGUES, L. L. Thermoluminescence measurements of entrance surface skin dose in exams of dog's chest in veterinary radiology. Radiation Measurements, v. 45, n. 3-6, p. 733-735, 2010.

WILSON, R. F.; GAINOR, J. P.; ALLEN, B. The effect of stepping back from the X-ray table on operator radiation exposure. Health Physics, v. 121, n. 5, p. 522-530, 2021.

Capítulo 3

10.37423/250309781

PROCESSOS DA MATURAÇÃO EM QUEIJOS - UMA REVISÃO

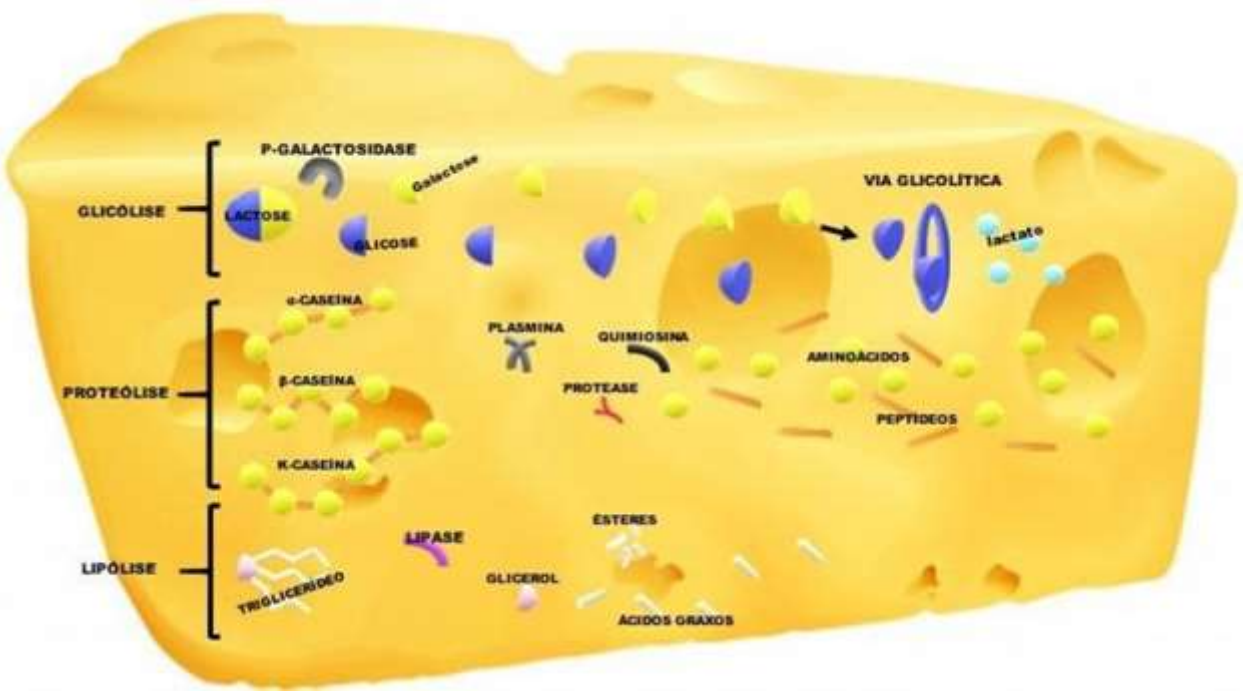
Rayanna Necy Renovato da Silva

Universidade Federal de Sergipe - Programa de Pós-Graduação Integrado em Zootecnia - PPIZ

Carlo Aldrovandi Torreão Marques

Universidade Federal de Sergipe - Programa de Pós-Graduação Integrado em Zootecnia - PPIZ





Resumo: A produção de queijos é algo que se destaca no Brasil e no mundo, podendo ser de leite pasteurizado ou cru, fresco ou podendo seguir a maturação. O queijo é caracterizado como um produto regional, artesanal, que apresenta a sua identificação que o diferencia de outros tipos de queijo fabricado por outros produtores ou até pelo mesmo produtor, pois apresentam características organolépticas diferentes uns dos outros, desse modo, existe uma diversidade de queijos que se destacam por sua textura, sabor e aparência. Atualmente os queijos artesanais estão se valorizando, pois ocorre uma busca por novos sabores e aromas. Dessa forma a maturação entra para agregar e obter novas características sensoriais. Durante a produção de queijos, o processo de maturação entra visando o refinamento desse produto, durante essa etapa ocorre a fermentação láctea ou glicólise, proteólise e lipólise que se tornam responsáveis

Palavras-chave: Fermentação láctea, Proteólise, Lipólise.

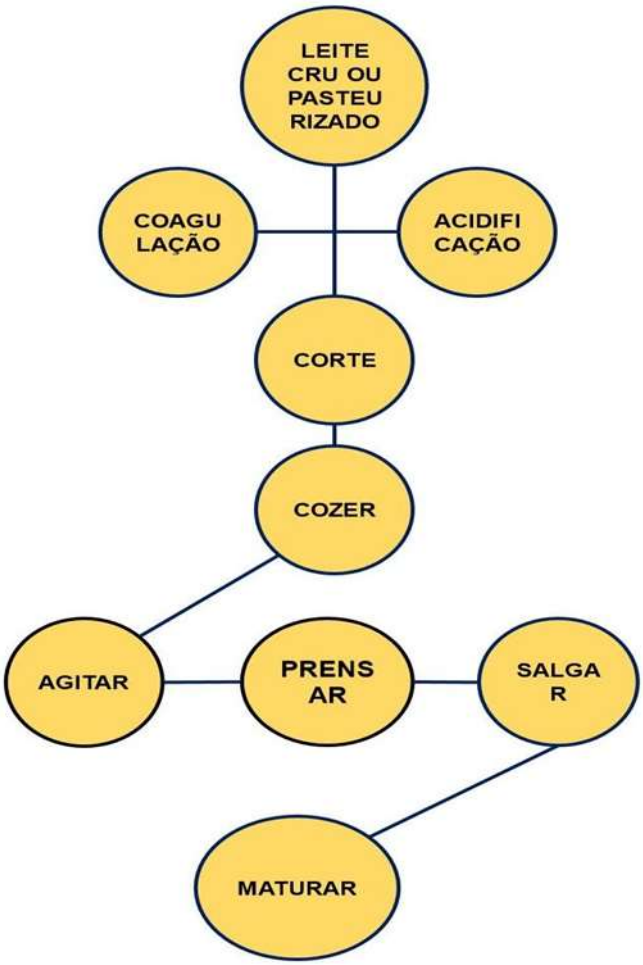
1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Anuário leite 2018 existe no Brasil 2 mil laticínios, sendo que desse montante fica destinado 10% para a produção de queijos, destacando que o brasileiro ainda apresenta um baixo consumo do produto. Mas o grande destaque está nos queijos artesanais os sem o uso de técnicas industriais 1. O leite cru utilizado na fabricação de queijos é considerado um alimento nobre, rico em nutrientes e altamente perecível devido a sua composição, desse modo deve apresentar os devidos cuidados para se evitar a contaminação em relação a 50 qualidade microbiológica que pode evidenciar a falta de cuidados higiênicos desde a ordenha até a refrigeração do leite, durante o processamento dos queijos e o armazenamento, já que a matéria – prima do queijo, o leite não passa por nenhum processo térmico [2,3].

Durante um processo de fabricação de queijo, pode passar pelas seguintes etapas que são: a coagulação, corte, cozimento da massa, prensagem e caso necessite poderá seguir a maturação (Figura 1). A maturação entra na fabricação como um processo para adquirir novas características ao produto, obtendo um novo sabor e aroma através de processos bioquímicos que diferencia do produto fresco, ou seja, aquele queijo que está pronto para o consumo após a fabricação. O tempo de maturação e o tipo de leite utilizado resulta em produtos diferentes que vão desde um sabor e odor mais suave até sabor e odor mais forte4. É durante a maturação que pode ocorrer esses processos que irão alterar as características organolépticas de sabor, aroma e textura que influenciará no produto final [5].

O esperado durante todas as etapas de elaboração de um queijo é evitar o surgimento de defeitos no produto, quando o mesmo não passa por processo de padronização do leite utilizado na fabricação do queijo, ou seja, não é feito a pasteurização. Desse modo a microbiota presente no leite cru, pode auxiliar a estabelecer características de sabor e odor no produto, por isso é de extrema importância manter a qualidade do leite adquirido[6].

Figura 1. Fluxograma do queijo maturado



Fonte: Autor

2. MATURAÇÃO

A maturação é um processo que consiste em modificações bioquímicas no queijo, identificadas como fermentação láctea ou glicólise, proteólise e a lipólise, que são responsáveis pela aquisição dos novos sabores, odores e texturas do produto final 5. Durante a maturação ocorrerá a ação do coagulante, enzimas presentes no leite (protease e lipase), bactérias iniciais, microrganismos secundários e suas enzimas [7].

Segundo a IN 30/2013 uma maturação inferior a 60 dias a base de leite cru fica restrito a queijarias tradicionais de uma determinada região e que apresentem um rebanho livre de comprovar que essa prática não acarretará transtornos em relação à qualidade do produto e não apresentará danos aos consumidores. No caso de um novo período de maturação para os queijeiros artesanais, somente ocorrerá após a análise feita por órgãos de inspeção de produtos de origem animal 8.

A IN 05/2017 cita que a maturação deverá ser feita em câmara fria e em caso de maturações com a temperatura ambiente, não se torna obrigatório a instalação de equipamento de refrigeração, e do mesmo modo ocorrendo o uso de leite cru não se torna obrigatório o uso de pasteurizador. A maturação pode ser feita em prateleiras de madeira desde que a mesma apresente boas condições de conservação e que não cause risco de contaminar o produto [9].

A maturação está relacionada com o teor de umidade presente no queijo e isso irá depender do que está sendo produzido, desse modo existe uma diversidade de queijos que apresentam estágios de maturidade diferente e sabores. As alterações causadas durante esse período são ocasionadas pelo coagulante e enzimas presente no leite cru como a protease e a lipase ou quando são adicionadas ao leite pasteurizado [7].

Os queijos maturados geralmente são queijos menos úmido, pois ocorre a perda de umidade que em até 60 dias, pode variar de 65% no 1° dia para 17% no último dia de maturado.

Em relação a microrganismos maléficos, um estudo feito com queijo maturado, indicou que maturação realizada em até 21 dias ocorreu a presença de microrganismos que poderia apresentar riscos aos consumidores, desse modo destacaram que deve apresentar cuidados na hora da obtenção higiênica do leite, para resultar em um queijo que atenda aos requisitos de qualidade [10].

Os queijos maturados devem ser identificados de forma clara e precisa em relação a origem e ao período de maturação, podendo ser realizado no estabelecimento sob a inspeção federal. Em geral a maturação deve ser até 60 dias, porém quando se estabelecer um período menor deve apresentar estudos que comprove eficácia no seu uso e que o mesmo não seja ofensivo ao consumidor [11].

Queijos com altos períodos de maturação, ou seja, produção por um longo período de tempo ultrapassando os 60 dias podendo chegar até a anos de maturação, se torna uma alternativa para o aumento do tempo de vida de um leite ordenha e processado. O leite que se tornará queijo resulta no aumento do valor desse produto, se tornando valioso para os que produzem e comercializam, mas para isso todo o estudo e cuidado durante a sua produção será essencial, sempre visando a redução de defeitos e a busca pelo refinamento de um queijo maturado [12].

Destacando que os defeitos que possam apresentar em queijos principalmente os que são produzidos a base de leite cru, muitas vezes estão relacionados com as boas práticas de produção, isso ocorre desde o início da produção, com a invasão de microrganismos patogênicos até a contaminação por

bactericidas, principalmente o cloro quando se encontra presente nos equipamentos ou no local onde o alimento passará. A higienização é uma parte importante e fundamental da produção de queijos [13].

2.1. FERMENTAÇÃO LÁCTEA OU GLICÓLISE

A fermentação láctea ou também conhecida como glicólise é a primeira reação que ocorre durante a maturação, ocorrendo a conversão da lactose que é o principal carboidrato presente no leite em ácido lático [14]. A lactose é um dissacarídeo composto por uma molécula de glicose e uma de galactose, durante a produção de queijos, as bactérias denominadas de BAL (bactérias do ácido lático) produzem ácido lático a partir da fermentação. Onde na glicólise uma molécula de lactose resultará em 4 moléculas de ácido lático[7].

A lactose é transportada para o citoplasma celular de forma intacta com o auxílio da proteína transportadora que poderá ser a permease ou a fosfotransferase, as mesmas necessitam de ATP. Quando a lactose entra na célula é transferido um fosfato que resultará em lactose-P quando a mesma recebe o auxílio do transportador fosfotransferase, a enzima utilizada no processo será de acordo com o transportador. Desse modo, na fosfotransferase a lactose-P será hidrolisada por P-β-galactosidase resultando em glicose e galactose-6-fosfato. Por outro lado, quando o transportador é a permease a hidrolise é realizada pela β-galactosidase resultando em glicose e galactose, e somente a glicose seguirá na via glicolítica onde ocorrem a conversão para gliceraldeído-3-P e hidroxiacetona-P, esses produtos se transformaram até chegar em piruvato que sofrerá a ação da enzima lactato dehidrogenase resultando em lactato que somente sairá com o auxílio do transportador lactate symport para fora da célula. A galactose resultante poderá seguir para a conversão em tagatose até entrar na via glicolítica ou a galactose se converterá em glicose-1-P que seguirá também para a via glicolítica até a formação de lactato (Figura 2).

As bactérias lactococos usa o transportador fosfotransferase, no qual a glicose resultante irá seguir para a via glicolítica e a galactose 6-P é metabolizada em tagatose que em seguida formando o gliceraldeído -3-P e hidroxiacetona-P, porém as demais bactérias usam a permease.

No caso das bactérias termofílicas só será fermentado a glicose, porém a galactose se tornará uma molécula de troca no transporte da lactose, ou seja, uma galactose sairá da célula e captará uma lactose para o citoplasma celular para ocorrer a hidrólise (Figura 3) [7].

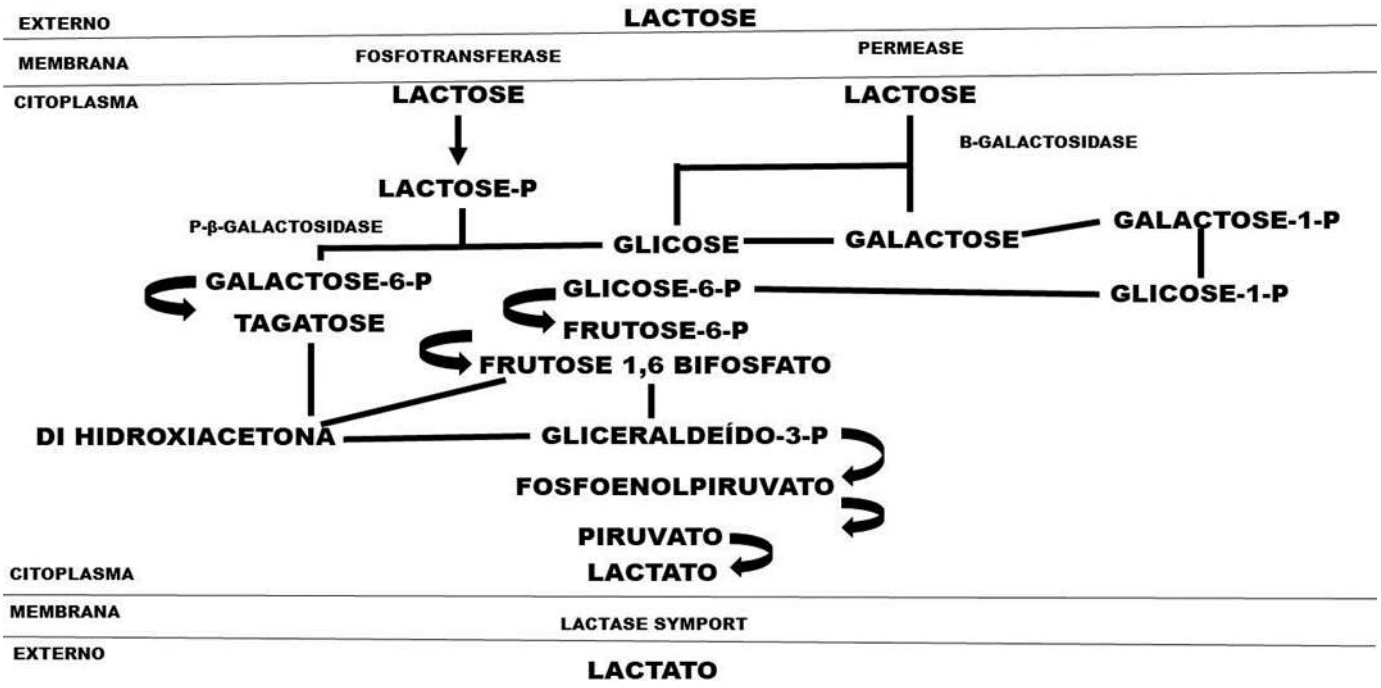
Durante essa etapa a presença do teor de lactose é reduzida chegando a quase uma total ausência da mesma. No queijo Malga ocorreu a ausência dos teores de lactose nos períodos de 6 a 12 meses de

maturado [15]. O queijo Tulum em 0 dias de maturado apresentou alto nível de glicose e galactose. O teor de lactose foi ausente aos 90 dias de maturado, enquanto que os teores de glicose e galactose estavam no seu máximo e os teores de ácido lático aumentaram após 190 dias de maturado [16].

Na fermentação láctea ocorre uma relação com o pH do alimento, quanto maior a produção de ácido lático, menor será o pH encontrado nesse alimento, mas isso pode ser alterado conforme o período de maturação do queijo [17]. O pH se torna um bom indicativa da produção de ácido lático, pois a medida que ocorre a produção de ácido lático [7].

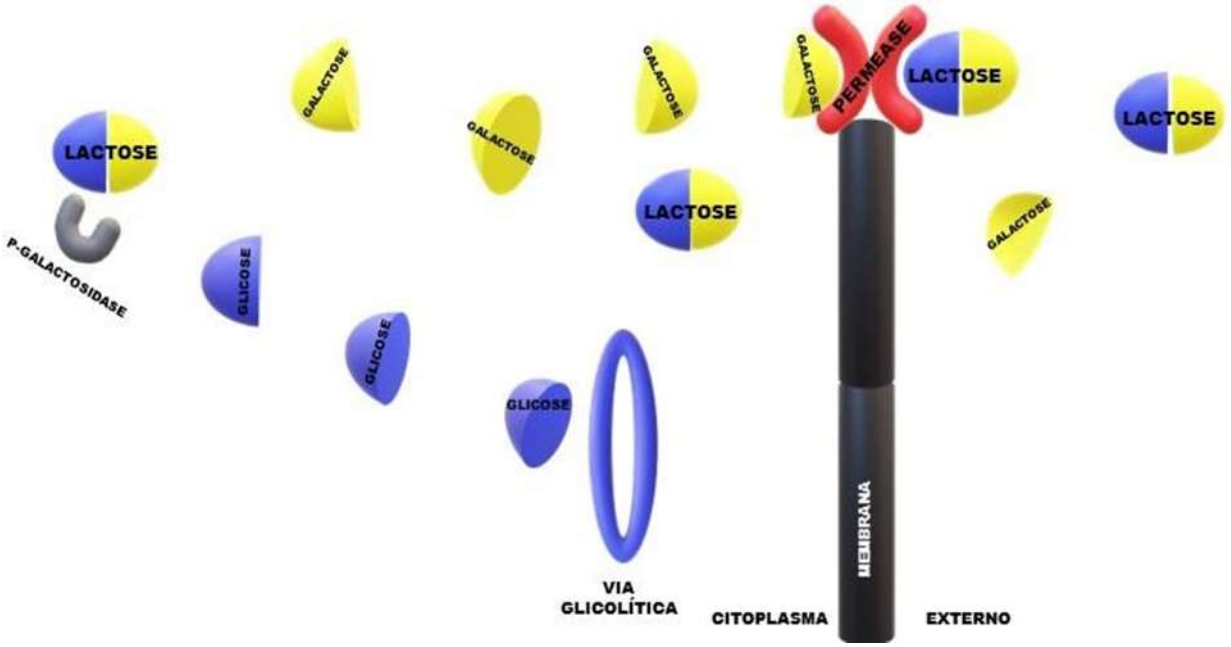
Em um queijo maturado feito com leite pasteurizado, apresentou uma redução do pH saindo de 6,56 ± 0,06 em 0 dias de maturado para 5,36 ± 0,03 com 40 dias de maturado, a redução do pH começou após os 7 dias de maturação devido a ação dos microrganismos hidrolisando a lactose [18].

Figura 2. Metabolismo da lactose



Fonte: Fox et,al. (2000)

Figura 3. Fermentação por bactérias termofílicas



Fonte: Autor

2.2.PROTEÓLISE

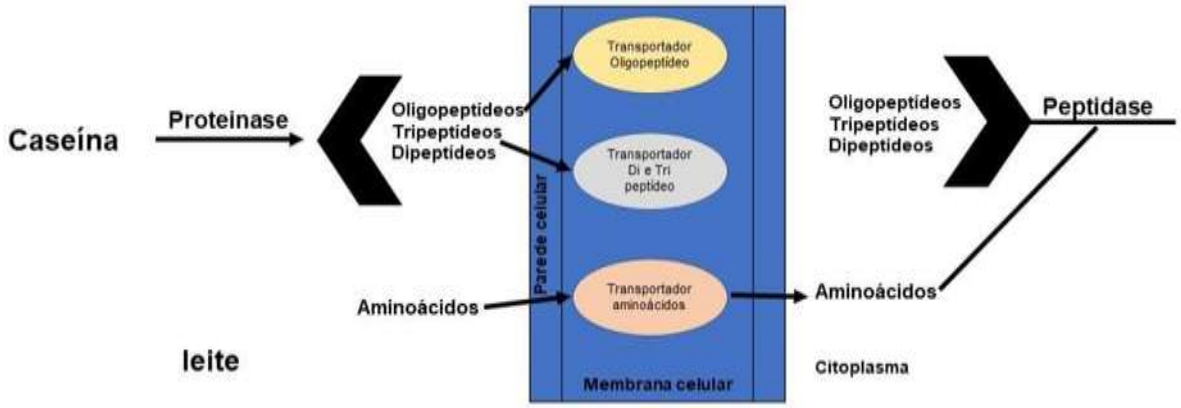
Durante a proteólise irá promover alterações na textura do queijo, que também dependerá da extensão da proteólise, do tempo e da temperatura no período de maturação. A hidrólise da caseína que é a proteína do leite está envolvida em diversas produções dos mais variados tipos de queijo. Além de agir na textura do alimento, age também na formação de sabor, elasticidade, derretimento e propriedades emulsificantes [7,17]. Para ocorrer as atividades enzimáticas irá depender do teor de água, concentração do ácido e sódio, pH, temperatura de armazenamento e atividade da água. A proteinase e enzimas de bactérias se responsabilizam pela hidrólise da caseína, os lactobacilos termofílicos apresentam uma maior ação no efeito proteolítico do que os mesófilos [17].

As bactérias iniciantes apresentam um sistema proteolítico que hidrolisa a caseína resultando em aminoácidos. No sistema realizado pelas bactérias lactococos envolve uma parede celular associada ao transporte da proteinase (enzima inicializadora), aminoácidos e peptídeos (Figura 4). Essas bactérias produzem os pequenos peptídeos e aminoácidos livres, por enzimas proteolíticas oriunda do coalho (quimosina) ou da plasmina que precisa de um pH alto que favoreça a sua reação. Os coagulantes possuem uma ação de hidrólise da k-caseína, desde que estejam em condições favoráveis. A quimosina ou a plasmina age na ligação da k-caseína; na clivagem da k-caseína produz a para-k-caseina e glicomacropeptídeos (perdido no soro), mas a para-k-caseína permanece ligada nas micelas

de caseína e é incorporado no queijo (Figura 5). A s1-caseína, s-2 caseína e a caseína-p são hidrolisadas somente no período de maturação [7].

A para-caseína é insípida, porém os produtos que resulta da sua hidrolise formará peptídeos que apresentam sabor amargo, já os aminoácidos produzem sabores doce e amargo, esses compostos participam da formação dos sabores base do queijo [17].

Figura 4. Sistema proteolítico da Lactococos



Fonte: Fox et,al. (2000)

Figura 5. Hidrólise da caseína



Fonte: Autor

Segundo Burać (2016) a proteólise afeta os teores de proteína total saindo de 37,32 ± 0,94 para 32,76 ± 0,42 em 50 dias de maturação em queijo branco. O queijo Malga apresenta em seu processo de maturação um aumento durante os 12 meses de maturado chegando a 32,2 % de proteína que durante os 6 meses se concentrava em 29,9% 15. Após os 20 dias de maturado favoreceu a ação da

enzima plasmina que apresenta uma ação na proteólise primária. Em 10 dias apresentou peptídeos de baixo peso molecular e após os 30 dias ocorreu um aumento desses peptídeos. Em relação a αs-caseína após os 30 dias continuou ocorrendo a hidrólise de forma gradativa, porém a β-caseína diminuiu de forma mais lenta devido a inativação da plasmina pelo baixo pH, e a κ- caseína apresentou uma hidrólise parcial durante 10 dias. A proteólise pode ser induzida pelo tipo de tratamento térmico que está sendo utilizado influenciando na caseína e nos produtos proteolíticos [19].

A maturação se torna um processo suficiente para influenciar a proteólise secundária que possa ocorrer nos queijos a base de leite cru com maturação em até 60 dias, no qual ocorre a presença de peptídeos e aminoácidos livres após a ação da peptidases de leveduras e proteases microbianas que ficam acumulados durante o processo de maturação, influenciando na us1- caseína [20].

A proteólise em queijo azul se inicia com 5 dias e se torna acelerado devido a presença de enzimas ativas, os teores de tirosina e triptofano se tornam bons indicadores da maturação, nesse caso o teor de tirosina está mais elevado do que o de triptofano 21. Em queijo feito à base de leite de cabra ocorre uma maior hidrólise de caseína em até 10 dias de maturado, mas durante os 30 dias o processo se torna lento. Os teores de β-caseína e K-caseína só sofreram hidrólise a partir dos 30 dias e somente com 40 dias sofreram uma hidrólise maior da caseína [22].

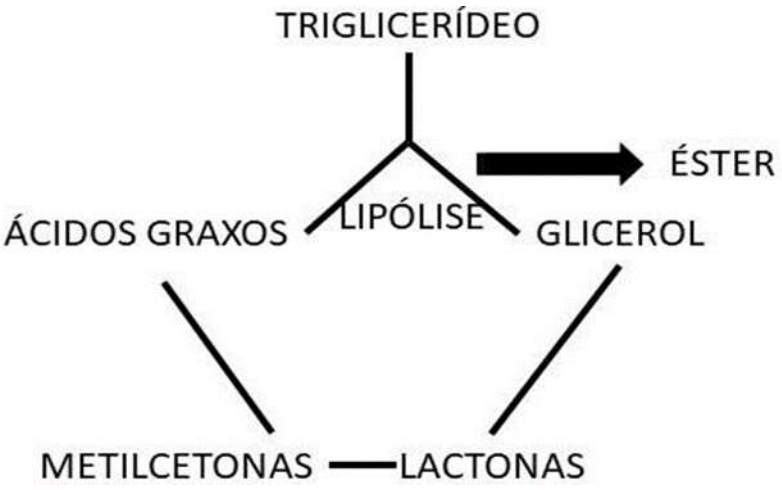
Durante a proteólise de queijo prato pode ocorrer a formação da para-k-caseína, a hidrólise de αs1-caseína levou a formação da α1-I- caseína, porém a hidrólise da β-caseína foi menos intensa nos períodos de 51 e 52 dias de maturado. A α1-I- caseína leva a formação de 20 peptídeos e a β-caseína com a formação de 8 peptídeos 23. Durante a proteólise de um queijo como o Parmeggiano Reggiano, ocorre liberação de diferentes níveis de peptídeos que influenciam nas características organolépticas. Os peptídeos presentes em uma maturação de 12 meses foram de 84, onde ocorreu uma redução com 18 meses indo para 72 e somente com 24 meses ocorreu um aumento indo para 257 peptídeos [24].

Os defeitos que apresentam nos queijos são causados por bactérias a exemplo, temos: formação de odores pútridos, textura pegajosa, a casca sem firmeza, colorações inapropriadas chegando a um tom fluorescente, em alguns casos essas atividades muitas vezes são confundidas com a proteólise durante a maturação, caso os produtores não tenham conhecimento de tal condição, muitos desses defeitos podem apresentar quando ocorre a lavagem com água contaminada durante o processo de maturaçã[25].

2.3.LIPÓLISE

A fase denominada de lipólise ocorre quando o queijo se encontra em condições favoráveis, agindo no sabor e também na textura assim como a proteólise, através dela esses lipídeos podem produzir os ácidos graxos que podem ser convertidos em compostos aromáticos como: metilcetonas e lactonas [5,7]. Inicialmente na lipólise ocorre a ação das lipases que hidrolisam os ésteres de ácidos carboxílicos, essa enzima atua na inter fase óleo água e não no tipo de ligação presente. Essas lipases são ativadas em pH neutro ou ácido e hidrolisam os ésteres de diglicerídeo ou triglicerídeo resultando em glicerol e 3 ácidos graxos que podem ser convertidos em metilcetonas e lactonas, formando o sabor [7].

Figura 6. Lipólise simplificada



No caso dos níveis de ácidos graxos livres (AGLs) em um queijo podem se modificar conforme o tempo de maturado, resultando em valores inicial e final que se distingui entre si por exemplo em maturações que ocorrem em até 21 dias, por exemplo no Queijo Pico [26]. O uso de leite cru permite que essas características possam se desenvolver, pois no leite a presença de uma enzima ativa auxilia no surgimento do sabor, porém a mesma se torna ausente quando o leite passa por processos térmicos em altas temperaturas 5,16. Os AGLs auxilia também na formação de sabor picante, porém se não apresentar o sabor básico, esses ácidos graxos resultará em sabor de ranço 17. Em casos de queijos com mofo, os ácidos graxos podem também aumentar, porém no caso mofo P. roquefort ocorre a β-oxidação que resulta em metilcetona [27]. Os teores de gordura presente no queijo branco aumentou passando de 48,92 ± 1,02 em 0 dias para 56,32 ± 0,50 em 50 dias de maturado [19]. Em um queijo maturado feito com leite pasteurizado somente após os 40 dias de maturado ocorreu um aumento nesse valor que chegou a 31,5 ± 2,1 [18]. No queijo regional do Paraná obtiveram o aumento nos teores de lipídeos em relação ao período de maturação inicial, o queijo produzido em 120 dias apresentou

28,11± 1,53 que em 0 dias se concentrava em 25,07 ± 0,31, ou seja, continuou ocorrendo o aumento dos teores lipídicos mesmo com diferenças no processo [28]. Existe durante a lipólise a converção dos ácidos graxos em compostos voláteis como ésteres, cetonas, aldeído e hidrocarbonetos que auxiliam no sabor [29]. Mas a medida que ocorre a lipólise sem o controle dos processos ao invés de agregar um novo sabor adequado, produz defeitos e dentre eles temos o sabor de ranço, que acaba afetando o produto final e sua comercialização 6. Dependendo de como for elaborado o queijo, do que for acrescentado nele, os teores relacionados a lipídeos e proteínas podem ser semelhantes ou diferentes no final de cada elaboração de um queijo [30].

3. CONCLUSÃO

O processo de maturação se torna importante no desenvolvimento de novos sabores, texturas e aparência, de certo modo são procedimentos bem complexos, pois apresentam microrganismos e enzimas já encontradas no leite ou que são acrescentadas durante a fabricação que auxiliam durante todo o processo. Na fase de maturação cada etapa fica responsável por cada característica organoléptica presente nos queijos, destacando que cada queijo possui sua identidade final.

REFERÊNCIAS

(1) EMBRAPA. Anuário Leite. Rev. embrapa 2018, 116. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.01.010.

(2) Bastistella, V.; Fernandes, K.; Oliveira, A.; Brod, F. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE QUEIJOS ARTESANAIS TIPO MINAS FRESCAL EM BARRA DO BUGRES – MT. Agrar. Acad. 2019, 6 (11), 400–409. https://doi.org/10.18677/Agrarian_Academy_2019a40.

(3) LOMBARDI, E. C.; REZENDE, M. T. QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO LEITE E DO QUEIJO MINAS FRESCAL PROCESSADOS EM DUAS FÁBRICAS DE LATICÍNIOS SOB INSPEÇÃO MUNICIPAL EM UBERLÂNDIA MG. Veterinária Notícias 2014, 20 (2). https://doi.org/10.14393/VTv20n2a2014.27811.

(4) GALERA, V. Resgate do queijo artesanal https://revistagloborural.globo.com/Revista/noticia/2019/06/resgate-do-queijo-artesanal.html (accessed Apr 29, 2020).

(5) HAYALOGLU, A.; MC SWEENEY, P. Primary Biochemical Events During Cheese Ripening. In Dairy Microbiology and Biochemistry; CRC Press, 2014; pp 134–166. https://doi.org/10.1201/b17297-8.

(6) SOBRAL, D.; Costa, R. G. B.; De Paula, J. C. J.; Teodoro, V. A. M.; Moreira, G. D. M. M.; Pinto, M. S. PRINCIPAIS DEFEITOS EM QUEIJO MINAS ARTESANAL: UMA REVISÃO. Rev. do Inst. Laticínios Cândido Tostes 2017, 72 (2), 108–120. https://doi.org/10.14295/2238-6416.v72i2.600.

(7) FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; MCSWEENEY, P. L. Fundamentals of Cheese Science; Springer US: New York, NY, 2000.

(8) MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 30, DE 7 DE AGOSTO DE 2013. DIÁRIO Of. DA UNIÃO 2013, 19.

(9) MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 5, DE 14 DE FEVEREIRO DE 2017. Diário Of. Da União 2017, 3–6.

(10) SANTOS, A. J. P. dos. Efeitos Do Período de Maturação de Queijos Sobre a Microbiota Deteriorante e Listeria Monocytogenes, 2016.

(11) BRASIL. DECRETO N° 9.013 DE 29 DE MARÇO DE 2017. 2017, 1–76.

(12) BOARI, C. A. Queijos Artesanais - Queijos Artesanais Em Épocas de Crise. Bol. Extensão - CTPOA/UFVJM 2020, 3, 1–14.

(13) BOARI, C. A. Queijos Artesanais - Higienização Em Queijarias Artesanais. Bol. Extensão - CTPOA/UFVJM 2020, 2, 1–24.

(14) SCOTT, R.; ROBINSON, R. K.; WILBEY, R. A. Cheesemaking Practice; Intergovernmental Panel on Climate Change, Ed.; Springer US: Boston, MA, 1998; Vol. 53. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5819-4.

(15) Bergamaschi, M.; Cipolat-Gotet, C.; Stocco, G.; Valorz, C.; Bazzoli, I.; Sturaro, E.; Ramanzin, M.; Bittante, G. Cheesemaking in Highland Pastures: Milk Technological Properties, Cream, Cheese and

Ricotta Yields, Milk Nutrients Recovery, and Products Composition. J. Dairy Sci. 2016, 99 (12), 9631–9646. https://doi.org/10.3168/jds.2016-11199.

(16) TEKIN, A.; GÜLER, Z. Glycolysis, Lipolysis and Proteolysis in Raw Sheep Milk Tulum Cheese during Production and Ripening: Effect of Ripening Materials. Food Chem. 2019, 286, 160–169. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.190.

(17) Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology; Fox, P. F., Ed.; Springer US: Boston, MA, 1993. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2650-6.

(18) BONFIN, JM; DA SILVA, R. Caracterização Físico-Quimica De Queijo Maturado,2017.

(19) BARAĆ, M. Protein Profiles and Total Antioxidant Capacity of Water Soluble and Insoluble Protein Fractions of White Cow Cheese at Different Stage of Ripening. Mljekarstvo 2016, 66 (3), 187–197. https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2016.0303.

(20) GASPARINI, G. B. F. B.; AMORIM, F. R.; SOUZA CORREA, S.; BRUZAROSKI, S. R.; FAGNANI, R.; SOUZA, C. H. B.; DAMIÃO, B. C. M.; SANTANA, E. H. W. Psychrotrophs in Raw Milk: Effect on Texture, Proteolysis Index, and Sensory Evaluation of Smoked Provolone Cheese. J. Sci. Food Agric. 2020, 100 (8), 3291– 3296. https://doi.org/10.1002/jsfa.10329.

(21) PACIULLI, S. D. O. D. PROTEOLISE EM QUEIJO TIPO GORGONZOLA, ELABORADO COM LEITE PASTEURIZADO PELOS SISTEMAS HTST E EJETOR DE VAPOR, 1996.

(22) Burgos, L.; Pece, N.; Maldonado, S. Textural, Rheological and Sensory Properties of Spreadable Processed Goat Cheese. Int. J. Food Stud. 2020, 9. https://doi.org/10.7455/ijfs/9.SI.2020.a5.

(23) BAPTISTA, D. P. PROTEÓLISE DE QUEIJO PRATO COM DIFERENTES TEORES DE SAL, 2016.

(24) Martini, S.; Conte, A.; Tagliazucchi, D. Effect of Ripening and in Vitro Digestion on the Evolution and Fate of Bioactive Peptides in Parmigiano-Reggiano Cheese. Int. Dairy J. 2020, 105, 104668. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104668.

(25) BOARI, C. A. Queijos Artesanais - Qualidade Microbiológica Da Água Em Queijarias. Bol. Extensão - CTPOA/UFVJM 2020, 4, 1–19.

(26) CÂMARA, S. P. A.; DAPKEVICIUS, A.; Rosa, H. J. D.; Silva, C. C. G.; Malcata, F. X.; Enes Dapkevicius, M. L. N. Physicochemical, Biochemical, Microbiological and Safety Aspects of Pico Cheese: Assessment throughout Maturation and on the Final Product. Int. J. Dairy Technol. 2017, 70 (4), 542–555. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12424.

(27) Sbampato, C. G.; Abreu, L. R. de; Furtado, M. M. Queijo Gorgonzola Fabricado Com Leite Pasteurizado Por Ejetor de Vapor e HTST: Parâmetros Físico-Químicos e Sensoriais, 2000, Vol. 35. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000100021.

(28) BRANDIELLI, M. C. QUEIJO REGIONAL DO SUDOESTE DO PARANÁ DURANTE A MATURAÇÃO: CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA, QUÍMICA E FÍSICA, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

(29) BEZERRA, T. K. A. ESTUDO DA PROTEÓLISE, LPÓLISE E COMPOSTOS VOLÁTEIS EM QUEIJO DE COALHO CAPRINO ADICIONADO DE BACTÉRIAS LÁTICAS PROBIÓTICAS, Universidade Federal da Paraíba, 2015.

(30) Corrêa, F. T. DESENVOLVIMENTO DE QUEIJO MATURADO COM TIRAS DE ÁRVORES CULTIVADAS NO BRASIL. 2014, 81.

Capítulo 4

10.37423/250309799

UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO SUBMETIDO A FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA

Fernando Nobre Cunha — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Gabriela Nobre Cunha — *Universidade Evangélica de Goiás*

Marconi Batista Teixeira — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Héctor Alexis Miranda — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Claudio Carvalho dos Santos — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Eliana Neves Rodrigues — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Vilma Ferreira da Silva Soares — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Resumo: O objetivo desse estudo foi avaliar a uniformidade de aplicação de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio. Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. Depois de tabulados os dados de vazão, foi determinando o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). O coeficiente de uniformidade de Christiansen do sistema de irrigação localizada, apresentou uma diferença de até 4,75% entre com e sem fertirrigação com vinhaça.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, vazão, vinhoto, monitoramento, emissores.

INTRODUÇÃO

Os desafios impostos pelas mudanças climáticas, relacionadas a escassez de água mostra a importância de sistemas agrícolas eficientes, portanto um manejo de água eficaz é fundamental para otimizar a produção agrícola, minimizar o consumo de água e mitigar os impactos das mudanças climáticas, com isso torna-se relevante a avaliação da uniformidade para verificar o desempenho dos sistemas de irrigação (Pousa et al., 2019; Zhou et al., 2023).

Os parâmetros indicadores da uniformidade e da eficiência de aplicação expressam a qualidade da irrigação e são fundamentais no planejamento e na operação dos sistemas de irrigação (Silva et al., 2021), pois a heterogeneidade da distribuição de água ou entrega de água por toda a área irrigada é um desafio, principalmente devido a ocorrência de entupimentos parciais e totais dos gotejadores (Rogers; Aguilar; Sharda, 2019).

A desuniformidade de aplicação de água pode levar a uma série de problemas, como, lixiviação de nutrientes, área com excesso ou com deficiência de água, perdas na produtividade e no rendimento das culturas, por isso a utilização de testes em sistemas tradicionais e automatizados são essenciais para avaliar a uniformidade da irrigação, seu emprego garante a verificação do real funcionamento do sistema de irrigação (Nascimento et al., 2019).

O objetivo desse estudo foi avaliar a uniformidade de aplicação de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido pela parceria entre MKT Ltda e IF Goiano, em uma área destinada a experimentação no município de Rio Verde – GO. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical). A temperatura média anual é de 23,8°C. A precipitação pluvial média anual varia entre 1430 e 1650 mm e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

O sistema IoT monitora os parâmetros de funcionamento do sistema de irrigação e avalia o seu desempenho comparando os valores obtidos com os intervalos aceitáveis, disponibilizando tais dados por meio de indicadores; basicamente o sistema por meio de sensores detecta a qualidade da água de irrigação, realiza a avaliação da uniformidade de aplicação de água e a identificação de entupimentos

parciais e totais. Para uma melhor avaliação do diagnóstico de sistemas de irrigação utilizando tecnologias de internet das coisas (IoT), foi realizado o teste do produto em campo.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, sendo típico, de textura média, fase cerrado (SANTOS et al., 2018). As características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural do solo da área experimental

Prof	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC	V
Cm	H_2O	g kg^{-1}	mg dm^{-3}	----------mmol dm^{-3}----------							%
0-20	6,2	63,4	7,1	2,0	20,4	16,8	0	57,8	41,8	99,5	41,9
20-40	6,6	44,5	2,7	4,1	14,4	13,2	0	44,6	31,7	76,2	41,6

Prof	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cm	----------mg dm^{-3}----------				
0-20	0,17	4,10	35,85	18,80	1,45
20-40	0,16	2,85	35,80	16,10	1,35

Prof	Granulometria			θ_{CC}	θ_{PMP}	Ds	PT	Classif. Textural
Cm	g kg^{-1}			---m^3 m^{-3}---		g cm^{-3}	cm^3 cm^{-3}	-
0-20	458,3	150,2	391,5	51,83	30,50	1,27	0,55	Franco Argiloso
20-40	374,9	158,3	466,8	55,00	31,33	1,28	0,51	Argila

[1]CC – Capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente; P, K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L^{-1}; Al: KCl 1 mol L^{-1}; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O - Matéria Orgânica; pH - em $CaCl_2$; CTC - Capacidade de troca de cátions; V - Saturação da CTC por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio (Sousa; Lobato, 2004).

A Tabela 2 apresenta as características químicas da vinhaça, detalhando os seguintes elementos e compostos presentes.

Tabela 2. Características químicas da vinhaça.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	SO_4	Matéria orgânica	Cu	Zn	Mn	Fe
----------kg m^{-3}----------							----------g m^{-3}----------			
0,30	0,12	4,63	0,50	0,34	1,45	19,60	6,00	2,00	3,50	7,50

Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. As parcelas experimentais, foram constituídas 6 m × 2 m, cada parcela contendo quatro linhas de feijão no espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de plantio com 12 a 15 sementes por metro, de modo a obter um estande final segundo recomendado para a cultivar. Sendo as duas linhas de feijão externas da parcela considerada bordadura.

Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. As linhas laterais tiveram 6 m de comprimento, mantendo-se o espaçamento entre gotejadores original, com o intuito de não modificar as reais condições de fabricação.

Foi realizado o teste de uniformidade em campo manualmente e de maneira automática para aferição dos dados. Foi avaliado em campo a vazão dos gotejadores seguindo-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), em que é medida a vazão de quatro gotejadores por linha lateral em cada uma das quatro linhas laterais, totalizando 16 gotejadores monitorados em cada uma das parcelas.

À entrada das linhas laterais foi instalada uma tomada de pressão, permitindo que a cada medição de vazão a pressão seja checada e, se necessário, ajustada àquela pré-estabelecida (100 kPa). Para a medição da pressão de serviço, à entrada da linha de emissores, foi utilizado um manômetro de Bourdon com faixa de leitura de 0 – 10 kgf cm^{-2}.

O procedimento para leitura de vazão dos gotejadores consistiu na pressurização do sistema (100 kPa), posicionamento de recipientes (1 L) sob os respectivos dispositivos conectados aos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, retirada sequencial dos recipientes após 5 minutos com defasagem de 5 segundos, medição do volume coletado e tabulação dos dados.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), conforme a equação 1:

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

Em que:

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

X_i - vazão de cada gotejador, em L h^{-1};

$\overline{X}$ - vazão média dos gotejadores, em L h^{-1};

n - número de gotejadores observados;

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p<0,05$), e em casos de significância, foi realizado o teste de média Tukey ($p<0,05$) para o fator fertirrigação, sistema de irrigação e condições dos gotejadores, utilizando o software estatístico R® (R Core Team, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,26 e 2,74% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com e sem automação, respectivamente (Figura 1A).

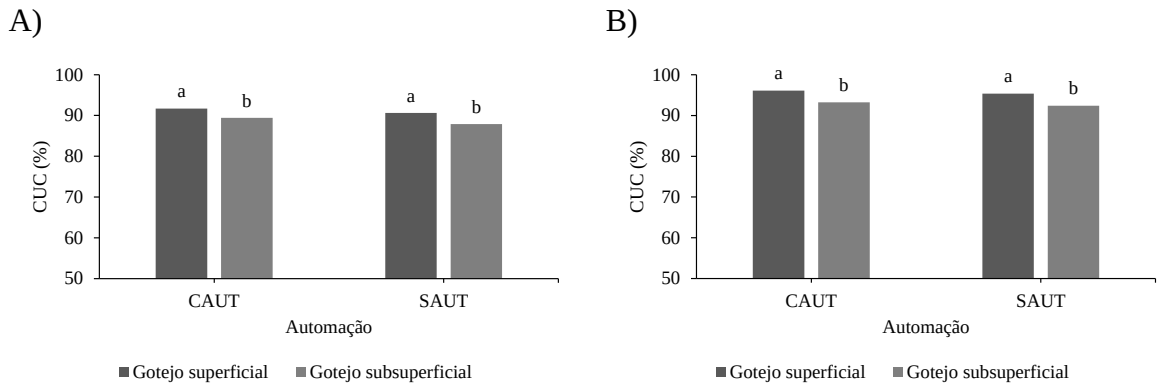


Figura 1. Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em função do sistema de irrigação com (CAUT) e sem automação (SAUT) com gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

O CUC do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,89 e 2,96% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com e sem automação respectivamente (Figura 1B).

A baixa eficiência de aplicação da irrigação está relacionada com a não uniformidade de distribuição de água e com os entupimentos parciais e totais dos gotejadores (Frizzone, 1992; CUNHA et al., 2023).

O Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 1,03 e 1,51% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 2A).

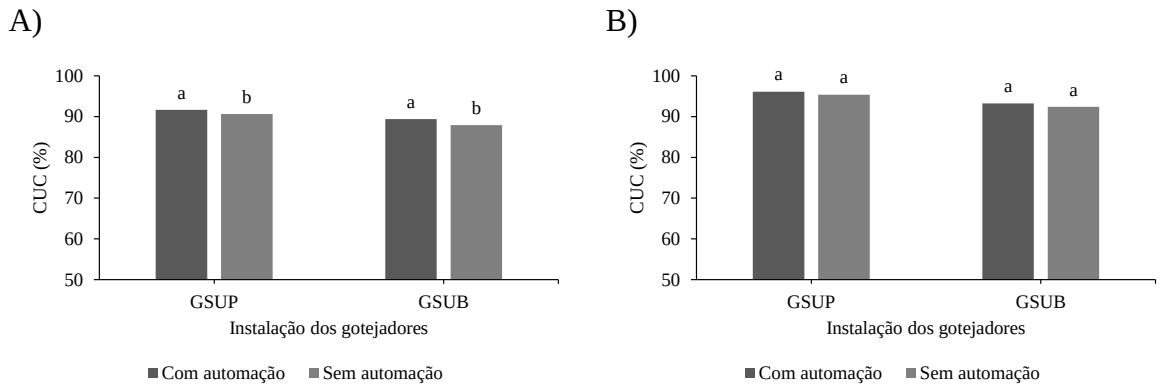


Figura 2. Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com sistema de irrigação com e sem automação, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

O CUC do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, não apresentou diferença significativa entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 2B).

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) do sistema de irrigação com automação, apresentou uma diferença de 4,46 e 3,83% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3A). Além dos fatores ambientais, a fonte de água e a realização de fertirrigação pode influenciar significativamente a uniformidade de aplicação, dessa maneira, verifica-se a necessidade de manutenção periódicas do sistema de irrigação (Drumond et al., 2006; Kumar; Ashoka, 2020).

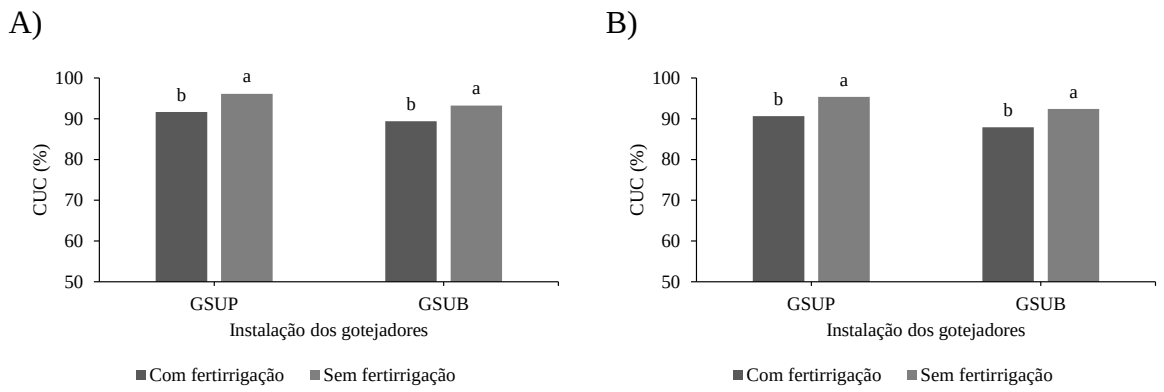


Figura 3. Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com e sem fertirrigação com vinhaça, para o sistema de irrigação com (A) e sem automação (B).

O CUC do sistema de irrigação sem automação, apresentou uma diferença de 4,75 e 4,52% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3B).

CONCLUSÕES

O coeficiente de uniformidade de Christiansen do sistema de irrigação, apresentou uma diferença de até 2,96% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen do sistema de irrigação localizada por gotejamento, apresentou uma diferença de até 1,51% entre o sistema de irrigação com e sem automação.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen do sistema de irrigação localizada, apresentou uma diferença de até 4,75% entre com e sem fertirrigação com vinhaça.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUNHA, F. N.; CUNHA, G. N.; TEIXEIRA, M. B.; MORAIS, W. A.; SILVA, N. F.; CAVALCANTE, W. S. S. Entupimento de emissores sob aplicação de diferentes fontes de nitrogênio. IRRIGA, [S. l.], v. 28, n. 4, p. 683–699, 2023.

DRUMOND, L.C.D.; ZANINI, J.R.; FERNANDES, A.L.T.; RODRIGUES, G.P. Uniformidade de distribuição superficial e subsuperficial de água e de água residuária de suinocultura com irrigação por aspersão em malha. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.2, p.415-425, 2006.

FRIZZONE, J. A. Irrigação por aspersão. Piracicaba-SP: ESALQ – Departamento de Engenharia Rural. Série Didática 3, 1992. 53 p.

KELLER, J.; KARMELI D. Trickle irrigation design. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

KUMAR, A. H.P.; ASHOKA, H.G. Study on hydraulic performance of drip irrigation system under field condition. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences,Tamilnadu,v. 9, n. 2, p. 626-633, 2020.

NASCIMENTO, A.K.; SCHWARTZ, R.C.; LIMA, F.A.; LÓPEZ-MATA, E.; DOMÍNGUEZ, A.; IZQUIEL, A.; TARJUELO, J.M.; MARTÍNEZ-ROMERO, A. Effects of irrigation uniformity on yield response and production economics of maize in a semiarid zone. Agric. Water Manag., 211, p. 178-189, 2019.

POUSA, R.; COSTA, M.H.; PIMENTA, F.M.; FONTES, V.C.; CASTRO, M. Climate change and intense irrigation growth in Western Bahia, Brazil: The urgent need for hydroclimatic monitoring. Water, 11 p. 933, 2019.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

ROGERS, D.H.; AGUILAR, J.; SHARDA, V. Visão geral da avaliação da uniformidade do pivô central do Kansas. Engenharia Aplicada em Agricultura, 35:867-874, 2019.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. 3.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353p.

SILVA, M.M.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; MELO FILHO, M.S.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, J. B. Uniformidade da irrigação por aspersão em função da altura do dossel da cana-de-açúcar. Irriga, Botucatu, v. 26, n. 1, p. 195-209, janeiro-março, 2021.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. (Eds). 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa-CPA, 416 p., 2004.

ZHOU, Y.; DONG, J.; CUI, Y.; ZHAO, M.; WANG, X.; TANG, Q.; ZHANG, Y.; ZHOU, S.; METTERNICHT, G.; ZOU, Z.; ZHANG, G.; XIAO, X. Ecological restoration exacerbates the agriculture-induced water crisis in North China Region. Agric. Meteor., 331, p.1-15, 2023.

Capítulo 5

10.37423/250309800

INFLUÊNCIA DA FONTE LIPÍDICA DIETÉTICA SOBRE A COLORAÇÃO DO FILÉ DE GRUPOS GENÉTICOS DE TILÁPIAS DO NILO

Diana Carla Fernandes Oliveira — *Universidade Federal de Lavras*

Francielly Corrêa Albergaria — *Universidade Federal de Lavras*

Ana Luiza de Souza Miranda — *Universidade Federal de Lavras*

Renan Rosa Paulino — *Universidade Federal de Lavras*

Maria Emília de Sousa Gomes — *Universidade Federal de Lavras*

Priscila Viera e Rosa — *Universidade Federal de Lavras*

Rilke Tadeu Fonseca de Freitas — *Universidade Federal de Lavras*

Resumo: A coloração do filé de tilápias do Nilo pode ser influenciada pela composição da dieta, especialmente pela fonte lipídica utilizada. Este estudo avaliou os efeitos de diferentes fontes lipídicas (óleo de peixe, óleo de milho e óleo de linhaça) na coloração do filé de diferentes grupos genéticos de tilápia do Nilo. O experimento foi conduzido em um sistema de recirculação fechada com 192 machos em fase de terminação, distribuídos em quatro grupos genéticos: UFLA Vermelha, Grupo Genético I, UFLA e Grupo Genético II. Os peixes receberam dietas semipurificadas, isoproteicas e isoenergéticas por 60 dias. Após a despesca e processamento, os filés foram armazenados a -18ºC e submetidos à análise de cor pelo sistema CIELab. Os resultados indicaram que a fonte lipídica dietética não influenciou significativamente os parâmetros de cor. Entretanto, observou-se diferença significativa entre os grupos genéticos para a variável L*, com a variedade UFLA Vermelha apresentando maior luminosidade, associada à sua coloração mais clara. Os valores de a* (3,07 a 3,26) e b* (4,15 a 4,39) indicaram uma leve tendencia para menor intensidade de vermelho e amarelo nos filés, resultando em uma coloração mais esverdeada. Os parâmetros de saturação (C*) e ângulo de tonalidade (H°) variaram entre 5,42 a 5,72 e 58,46 a 60,09, respectivamente. Os resultados demonstram que, apesar das diferenças genéticas, a substituição do óleo de peixe por fontes vegetais na dieta não afetou a coloração dos filés de tilápia do Nilo. O estudo reforça a importância de considerar fatores genéticos e nutricionais na qualidade sensorial do pescado, uma vez que a coloração é um atributo fundamental para a aceitação do produto.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a piscicultura tem se destacado como um dos setores de maior expansão, impulsionada pelo aumento do consumo de peixes, os quais apresentam proteína de alta qualidade, são ricos em vitaminas, minerais e ácidos graxos poli-insaturados, cujo consumo está associado à prevenção de diversas doenças nos seres humanos. No entanto, para acompanhar esse crescimento e atender a demanda do mercado consumidor, são necessários aprimoramento dos sistemas de produção, manejo e nutrição.

Com a expansão da piscicultura e aumento do consumo de peixe, a demanda por insumos destinados à alimentação de organismos aquáticos também cresce significativamente. Uma dieta balanceada é fundamental para o desempenho adequado dos peixes, sendo a qualidade da ração determinada pela disponibilidade de nutrientes necessários para o metabolismo, a manutenção da saúde e o crescimento ideal. O óleo de peixe constitui a principal fonte de lipídios em rações para aquicultura (Han *et al.*, 2018)., contribuindo para a melhoria do crescimento, do desenvolvimento e do valor nutricional dos peixes. Porém, apesar de seus benefícios, o alto custo do óleo de peixe tem se tornado um fator limitante para o desenvolvimento sustentável da aquicultura.

O uso de óleos na alimentação animal tem aumentado anualmente, proporcionando melhorias tanto no desempenho zootécnico quanto na qualidade nutricional dos produtos destinados ao consumo humano. Diversos estudos indicam que a alimentação influencia diretamente a composição de ácidos graxos dos peixes (Castro Silva *et al*., 2011; Brown, *et al*., 2010; Luo *et al*., 2012, Szabó *et al*., 2011). Como fonte lipídica, o óleo de peixe pode otimizar o crescimento, o desenvolvimento e o valor nutricional dos peixes (Chauton *et al*., 2015; Rombenso *et al*., 2016; Steffens 2015; Teoh & Ng 2016), devido ao seu alto teor de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (LC n-3 PUFAs), como o ácido eicosapentaenóico (EPA, C20: 5n-3) e o ácido docosa-hexaenóico (DHA, C22: 6n-3). Contudo, o preço do óleo de peixe, que ultrapassa 2400 $/t, tem aumentado consideravelmente nos últimos anos (Chauton *et al*., 2015), reforçando sua limitação como insumo sustentável para a indústria aquícola (He *et al*., 2018).

Dessa forma, os altos custos das dietas contendo óleo de peixe têm motivado pesquisas sobre a substituição dessa fonte lipídica (Turchini *et al*., 2009) por alternativas mais sustentáveis na nutrição aquícola (Rombenso *et al*., 2016; Steffens *et al*., 2015). Os óleos vegetais têm se destacado como opções viáveis, incluindo óleo de girassol (Li *et al*., 2017), óleo de linhaça (Li *et al*., 2017; Peng *et al*., 2016), óleo de soja (Huang *et al*., 2014), óleo de canola (Huang *et al*., 2014; Peng *et al*., 2016) e óleo

de milho (Huang *et al*., 2014). Assim, torna-se essencial investigar fontes alternativas que mantenham a qualidade nutricional e o desempenho dos peixes, garantindo a sustentabilidade do setor.

As características sensoriais e nutricionais do peixe são diretamente influenciadas por sua composição química, a qual depende de diversos fatores que afetam sua qualidade, incluindo características intrínsecas, fatores ambientais e histórico alimentar, como a fonte de óleo utilizada na dieta (Corrêa et al., 2013). Dentre os atributos sensoriais, a cor do filé destaca-se como um fator determinante para a aceitabilidade do produto, sendo um aspecto essencial na escolha do consumidor (Dhanapal et al., 2013 , Gatlin et al., 2007). A aparência é a primeira interação entre o consumidor e o alimento, influenciando a percepção de qualidade e o início do processo de seleção. Além disso, a aparência pode impactar a percepção cognitiva do sabor (Delwiche, 2004).

Além disso, os atributos de qualidade do peixe podem ser facilmente modificados pela presença de pigmentos nos ingredientes da dieta (Gatlin *et al*., 2007 , Skonberg *et al., 1998*). A pigmentação é considerada uma característica desejável em determinadas espécies, como truta e salmão (Li *et al*., 2007), enquanto em peixes de carne branca, como o bagre de canal (Li *et al*., 2011) e a tilápia (Girao *et al*., 2012), essa coloração é indesejável. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes fontes lipídicas da dieta sobre as características de coloração do filé.

REFERENCIAL TEÓRICO

INFLUÊNCIA DO USO DE DIFERENTES FONTES DE ÓLEO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO FILÉ

As características organolépticas e nutricionais são altamente dependentes da composição química do peixe, que por sua vez depende de diversos fatores que afetam a sua qualidade, como as características intrínsecas, fatores ambientais e histórico alimentar (Corrêa *et al*., 2013).

O pescado é um dos produtos de origem animal mais susceptíveis ao rápido processo de deterioração (Cícero *et al*., 2014), pois apresentam características favoráveis em sua composição, tais como: elevados teores de lipídios insaturados que são facilmente oxidados, alta atividade de água nos tecidos e pH próximo da neutralidade, fatores esses que intensificam a proliferação microbiana no pescado (Cícero *et al*., 2014; Soares & Gonçalves, 2012).

A qualidade dos alimentos é avaliada pelos seus atributos sensoriais (cor, maciez, sabor, suculência, odor), funcionais (pH, capacidade de retenção de água) e nutricionais (quantidade de deposição de gordura, perfil de ácidos graxos, nível de oxidação, teores de proteína, vitamina e minerais) (Sohn &

Ohshima, 2010). Sabendo que essas características são afetadas pela nutrição (Borghesi *et al*., 2013), e a maioria das rações para peixes de cultivo utilizam diferentes componentes de farelo e óleos, de origem animal ou vegetal, o conhecimento sobre a interferência destes sobre o filé se tornam importantes.

A cor é um dos mais importantes atributos de qualidade de pescado devido a sua relação com o frescor dos produtos, além disso é o primeiro parâmetro de qualidade avaliada pelos consumidores (Pathare *et al*., 2013; Lawless & Heymann, 2010).

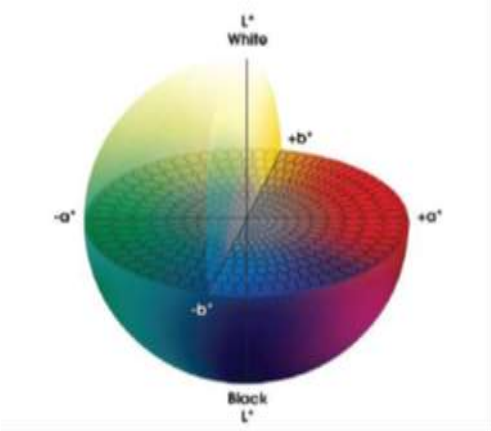
Em geral, as variadas espécies de pescado apresentam coloração própria do músculo, líquido corporal, vísceras, couro e escamas. As alterações na cor são geralmente influenciadas por fatores como o pH do músculo, o potencial redox, atividade da metamioglobina redutase, reações de consumo de oxigênio, susceptibilidade à oxidação lipídica, ou ainda a exposição à luz e temperatura de armazenamento (Sohn & Ohshima, 2010). A temperatura de congelamento e o tempo de armazenamento também irão influenciar na coloração do pescado, sendo que a aceitação visual irá diminuir a medida que o tempo de estocagem do produto aumenta (Boles & Pegg, 2017).

A cor da carne, depende em sua maior parte da mioglobina presente no sarcoplasma das fibras musculares, sendo um composto químico instável. Quando a disponibilidade de oxigeno é alta, ela muda a oximioglobina dando uma coloração vermelha brilhante a carne. Pelo contrário se a concentração de oxigeno é baixa uma reação de oxidação acontece e se forma a metamioglobina de coloração marrom. As reações mencionadas anteriormente são reversíveis em relação à quantidade de oxigênio presente na superfície da carne (Girolami *et al*., 2013).

Devido à grande variabilidade e distribuição complexa da cor de um produto cárneo ou músculo, diferentes metodologias têm sido desenvolvidas. As medições da cor podem ser realizadas pela inspeção visual (humana) ou pelos instrumentos tradicionais como o colorímetro óptico ou por instrumentos mais modernos como sistema de visão por computador (Wu & Sun, 2013). O espectrofotômetro é bastente utilizado e fornece medições por refletância e/ou transmitância de uma amostra a cada comprimento de onda, o colorímetro triestímulo gera medições correlacionadas à percepção do olho humano baseado em valores triestímulos, com modelo de cor XYZ e modelo de cor L*a*b* (CIE). Este método é representado por uma escala de cor, onde o máximo valor de L*, referente a luminosidade, é 100, correspondente a uma perfeita reflexão difusa, e o valor mínimo é zero e constitui o preto. A coordenada a* varia do vermelho (+a*) ao verde (-a*) e a coordenada b* do amarelo (+b*) ao azul (-b*). Os valores delta (ΔL*, Δa* e Δb*) indicam o quanto a amostra diferiu do

padrão para L*, a* e b*, e são frequentemente utilizados no controle de qualidade (Hunterlab, 1996) (Figura 1).

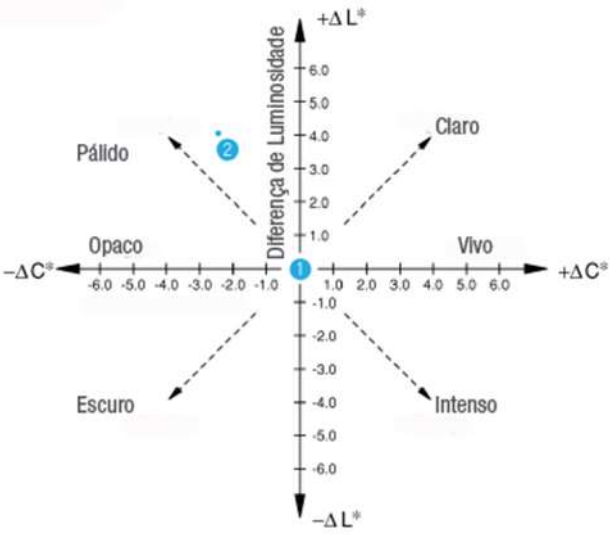
Figura 1 - CIE L* a* b* Diagrama de espaço de cores (L *: Escuro; a*: vermelho e b*: amarelo).



Fonte:

De acordo com o conceito da Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) (1978), cor é uma característica tridimensional da aparência que consiste do atributo da luminosidade (L*) (FIGURA 2) e dois atributos cromáticas, ou seja, hue (H°) e croma (C*).

Figura 2- Termos para descrever as diferenças entre croma e luminosidade

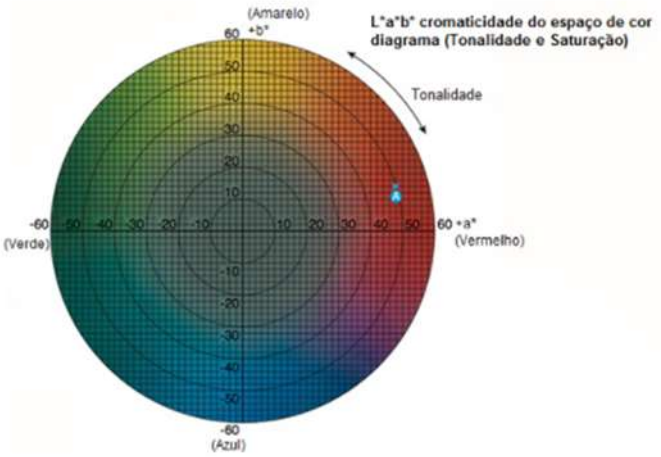


Fonte: Fonte: https://sensing.konicaminolta.us/br/blog/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/.

Os parâmetros de saturação (C*=chroma) e ângulo de tonalidade (H*= hue) são bastante utilizados no entendimento das cores nos alimentos, e podem ser calculados a partir dos valores de a* e b*, conforme seguintes equações: C*= √(⟦(a*)⟧ ^2+ ⟦(b*)⟧ ^2) e H*= arctang (b*/a*) (Ramos e

Gomide, 2017) (FIGURA 4). O valor de croma C* é 0 no centro e aumenta conforme a distância deste (FIGURA 3). O ângulo de tonalidade h° inicia-se no eixo +a* e é dado em graus; 0 seria +a* (vermelho), 90 seria +b* (amarelo), 180 seria –a* (verde) e 270 seria –b* (azul).

Figura 3- Parte do diagrama de cromaticidade de a*, b*



Fonte: https://sensing.konicaminolta.us/br/blog/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/.

Tsujii (2018), avaliando a substituição do óleo de soja por óleo de linhaça, não observou nenhum efeito na coloração, capacidade de retenção de água e pH no filé dos peixes, não havendo nenhuma resposta prejudicial sobre a saturação oxidativa e, conseqüentemente, a vida de prateleira.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Minas Gerais, Brasil, sob protocolo nº 069/19. A pesquisa foi conduzida no Setor de Piscicultura do Departamento de Zootecnia, na Planta Piloto de Processamento de Pescado no Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Minas Gerais (MG).

O experimento foi conduzido em um sistema de recirculação fechada. Foram utilizados 192 machos de tilápia do Nilo na fase de terminação, totalizando 48 animais de cada grupo genético (UFLA Vermelha, Grupo Genético I, UFLA e Grupo Genético II), com peso inicial de 415,6 ± 77,88 g; 402,1 ± 59,76 g; 418,5 ± 45,98 g e 473,5 ± 72,46 g, respectivamente (FIGURA 4), provenientes e mantidas pelo setor de piscicultura da Universidade Federal de Lavras, localizada na região no sul de Minas Gerais.

- UFLA Vermelha: variedade de tilápia vermelha híbrida;
- Grupo genético I: variedade comercial melhorado derivado da Genefort;

- UFLA: variedade UFLA foi originada na Universidade Federal de Lavras a partir da década de 70 (Allaman *et al*., 2013);
- Grupo genético II: variedade comercial melhorado derivado de GIFT.

Figura 4- Exemplares das variedades de tilápia do Nilo



Fonte: Da autora

Os peixes foram distribuídos em 16 caixas de polietileno de 500 L, cada caixa continha 12 peixes, sendo três peixes de cada grupo genético. As dietas foram semipurificadas, isoproteicas e isoenergéticas (Tabela 1), utilizando diferentes fontes de óleo: peixe, milho e linhaça. Os peixes receberam a dieta durante 60 dias.

Tabela 1- Composição percentual e centesimal das rações experimentais com diferentes fontes de óleo, para grupos genéticos de tilápias nilóticas na fase de terminação.

	Dietas		
Ingredientes (%)	Peixe	Milho	Linhaça
Concentrado proteico de soja	28,00	28,00	28,00
Amido de milho	25,00	25,00	25,00
Farelo de trigo	26,00	26,00	26,00
Celulose	3,50	3,50	3,50
Suplemento vitamínico mineral	1,45	1,45	1,45
BHT	0,05	0,05	0,05
DL-Metionina	1,00	1,00	1,00
Lisina	1,00	1,00	1,00
Vitamine E	0,50	0,50	0,50

Caulim	5,00	5,00	5,00
Fosfato bicálcico	1,00	1,00	1,00
Cloreto de sódio	0,50	0,50	0,50
Óleo de Peixe	7,00	-	-
Óleo de Milho	-	7,00	-
Óleo de Linhaça	-	-	7,00
Proteína Digestível	27,15	27,15	27,15
Energia Digestível	3436,10	3436,10	3436,10
Proteína Bruta	31,27	31,27	31,27
Energia Bruta	4011,70	4011,70	4011,70
EE	7,90	7,90	7,90
Fibra	6,30	6,30	6,30
Análise proximal %			
Matéria seca	8,87 ±0,24	9,12±0,21	12,21±0,55
Proteína bruta	28,23±0,54	28,27±0,33	27,03 ±0,60
Extrato etéreo	7,58±0,15	7,60 ±0,41	7,93±0,36
Cinzas	8,32±0,00	8,47 ±0,01	8,06 ±0,00

Premix Vit/Min: Peixeonívoro 5kg/ton Nutron®Umidade (máx.) 100 g; ProteínaBruta (mín.) 280 g; Extrato Etéreo (mín.) 40 g; FibraBruta (máx.) 80 g; Matéria Mineral (máx.) 120 g; Cálcio (mín.) 10 g; Cálcio (máx.) 30 g; Fósforo (mín.) 6.000 mg, Ômega 3 (mín.) 3.000 mg; Ômega 6 (mín.) 5.200 mg;Vitamina A (mín.) 6.000 UI; Vitamina D (mín.) 1.500 UI; Vitamina E (mín.) 60 UI; Vitamina K3 (mín.) 3 mg; Vitamina B1 (mín.) 7,5 mg; Vitamina B2 (mín.) 9 mg; Vitamina B6 (mín.) 15 mg; Vitamina B12 (mín.) 18,7 mcg; Vitamina C (mín.) 250 mg; ÁcidoPantotênico (mín.) 11,2 mg; Niacina (mín.) 30 mg; ÁcidoFólico (mín.) 3,7 mg; Biotina (mín.) 3,7 mg; Cobre (mín.) 11,2 mg; Colina (mín.) 375 mg; Ferro (mín.) 45 mg; Manganês (mín.) 22,5 mg; Iodo (mín.) 0,37 mg; Zinco (mín.) 60 mg; Selênio (mín.) 0,22 mg;

Fonte: Da autora

Após o período experimental, os peixes foram submetidos a um jejum de 24 horas antes da despesca, realizado com o propósito de esvaziar o trato gastrointestinal dos peixes minimizando riscos de contaminação durante o abate (Lines & Spence, 2012). Após a obtenção das medidas morfométricas, os peixes foram pesados, insensibilizados pela secção da medula, o onde é feita a secção medular com a introdução de uma faca de açougue afiada na posição de 30 graus no opérculo. Após essa insensibilização o peixe foi submetido à sangria (Pedrazzani *et al*., 2009). Após a filetagem, os filés foram identificados e congelados à -18°C individualmente para análises posteriores.

Os parâmetros de cor foram identificados em quatro pontos do filé, duas medições na parte interna e duas na parte externa, com colorímetro Nix Color Sensor Pro (NPRO; Nix Sensor) (FIGURA 5), por meio do sistema de cores CIELab, definindo o espaço cromático em coordenadas retangulares (L*, a*, b*),

em que: I) L* mede a luminosidade e varia de 100 para superfícies perfeitamente brancas até 0 para o preto; II) a* mede a intensidade de vermelho (+) e verde (-); e III) b* mede a intensidade de amarelo (+) e azul (-); IV).

Figura 5- Avaliação da coloração do filé com o colorímetro Nix Color Sensor Pro.



Fonte: Da autora

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo programa estatístico SISVAR, quando observadas diferenças significativas (P<0,05), aplicou-se o teste de média Tukey em 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tecido muscular claro dos peixes é um fator de aceitação para os consumidores. Entretanto, no pescado existem dois tipos de tecidos musculares, o branco ou claro e o vermelho ou escuro. Segundo Pereda *et al*. (2005), algumas espécies apresentam uma proporção significativa desse músculo escuro, que varia de acordo com a atividade do peixe. Sendo assim, a quantidade de músculo claro e escuro em diferentes espécies de peixe interfere na cor do peixe. Também, a composição clara x escuro difere, inclusive com maior quantidade de mioglobina no escuro, glicogêneio, etc.

A coloração final do filé pode ser o resultado de vários fatores contribuintes como: o estado de hidratação muscular, a alteração nos pigmentos, estado das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas e a extensão da oxidação de lipídios e proteínas (Medina-Meza *et al*., 2014; Guyon *et al*., 2016;)

Na tabela 2 são apresentados os valores de coloração dos filés. Foram observados valores de luminosidade (35,49 ± 2,75; 33,01 ± 2,85; 33,37 ± 3,06 e 33,34 ± 2,48), intensidade de a* (3,26 ± 1,32;

3,19 ± 1,44; 3,09 ± 1,39 e 3,07 ± 1,42), intensidade de b* (4,39 ± 1,2; 4,15 ± 1,15; 4,19 ± 1,40 e 4,22 ± 1,24) para UFLA Vermelha, Grupo Genético I, UFLA e Grupo Genético II, respectivamente.

Tabela 2- Características físicas de grupos genéticos de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes fontes lipídicas.

Fator	Parâmetros de cor				
	L*	a*	b*	C*	H°
Dieta					
Peixe	33,21 ± 3,65^{a}	3,16 ± 1,39^{a}	4,17 ± 1,28^{a}	5,47 ± 1,77^{a}	59,02 ± 10,75^{a}
Milho	33,65 ± 3,03^{a}	3,09 ± 1,33^{a}	4,20 ± 1,09^{a}	5,45 ± 1,52^{a}	59,87 ± 9,45^{a}
Linhaça	33,94 ± 2,62^{a}	2,73 ± 1,07^{a}	3,84 ± 1,01^{a}	4,94 ± 1,37^{a}	60,39 ± 8,46^{a}
Variedades					
UFLA Vermelha	35,49 ± 2,75^{a}	3,26 ± 1,32^{a}	4,39 ± 1,21^{a}	5,72 ± 1,65^{a}	58,46 ± 9,70^{a}
Grupo Genético I	33,01 ± 2,85^{b}	3,19 ± 1,44^{a}	4,15 ± 1,15^{a}	5,44 ± 1,69^{a}	58,73 ± 9,64^{a}
UFLA	33,37 ± 3,06^{b}	3,09 ± 1,39^{a}	4,19 ± 1,40^{a}	5,42 ± 1,81^{a}	58,46 ± 12,5^{a}
Grupo Genético II	33,34 ± 2,48^{b}	3,07 ± 1,42^{a}	4,22 ± 1,24^{a}	5,45 ± 1,75^{a}	60,09 ± 9,67^{a}
CV %	8,69	43,80	29,48	31,21	17,55
Fonte de Variação					
Dieta	0,41^{NS}	0,47^{NS}	0,51^{NS}	0,48^{NS}	0,88^{NS}
Bloco	0,02*	0,31^{NS}	0,77^{NS}	0,53^{NS}	0,29^{NS}
Grupo Genético	0,00*	0,85^{NS}	0,70^{NS}	0,71^{NS}	0,83^{NS}
Dieta*Grupo Genético	0,53^{NS}	0,73^{NS}	0,61^{NS}	0,82^{NS}	0,53^{NS}

As diferentes fontes de óleo das dietas não influenciaram (P>0,05) nos parâmetros de cor (L*, a*e b*). Além disso, não foram observadas diferenças para os parâmetros a*e b* entre as variedades (P>0,05). No entanto, observou-se diferença entre as variedades (P<0,05) para a variável L*, indicativa da luminosidade, sendo maior para a variedade UFLA Vermelha (35,49 ± 2,75), fato este que pode estar relacionado com a coloração mais clara deste grupo genético. Em um trabalho com dourada (*Sparus aurata*), Izquierdo *et al*. (2005), observaram que a substituição de 80% do óleo de peixe por óleo de linhaça, causou alterações na cor dos filés, porém não sendo percebida a olho nu, demonstrando que não houve efeito na coloração com a adição de óleo de linhaça na dieta.

Observou-se diferença entre os grupos genéticos (P<0,05) para a variável L*, indicativa da luminosidade. A variedade UFLA Vermelha apresentou maior luminosidade (35,49), fato que pode estar relacionado com a coloração mais clara dos filés dessa variedade. Todos os valores foram inferiores aos relatados por Souza *et al*. (2005) de 61,70 para filés de tilápia in natura e por Lima *et al*. (2015) de 52,77 também para tilápia do Nilo. Segundo Zeola (2002), há uma variação na coloração da carne entre as espécies de peixe, devido às particularidades de coloração da musculatura, vísceras,

líquido corporal, couro e escamas. Chaves *et al*. (2016) encontraram valor de 45,05 para componente L* em filé de pintado real. Pereira *et al*. (2016) analisando filés de jaú encontraram valor de L* igual a 58,1. Quanto maior o valor de L*, mais claro é o filé, e de uma forma geral, os consumidores buscam carne mais branca e luminosa, menos salmão e atum, os quais associam a cor mais clara do peixe ao frescor do produto (Monteiro *et al*., 2019; Fonseca *et al*., 2013).

Nos filés das variedades de tilápia do presente experimento, notou-se colorações mais escuras tendendo à uma menor luminosidade. Este resultado pode ser devido as medições realizadas nas regiões dorsal e abdominal, sendo consideradas como uma única característica.

Os valores observados para a*, b*, C* e H° não diferiram entre as variedades (P>0,05), e variaram entre a* (3,07 a 3,26) e b* (4,15 a 4,39). Resultados inferiores de a* (2,76) e superiores de b* (5,54) foram relatados por Lima et al. (2015) em análise de filé de tilápia do Nilo. No presente estudo, os valores das variáveis "a*" e “b*”, denotam uma diminuição da vermelhidão e amarelamento dos filés, tendendo a uma coloração mais esverdeada. De acordo com Richards e Hultin (2002), a perda da coloração avermelhada é um indicativo que a carne está perdendo o frescor, devido à taxa de oxidação da mioglobina.

Os parâmetros de saturação (C*) e ângulo de tonalidade H° variaram de 5,42 a 5,72 e 58,46 a 60,09, respectivamente. Os valores de C* observados nos filés das diferentes variedades são baixos pois, em peixes, apenas o músculo vermelho lateral superficial, que é rico em mioglobina, exibe cor intensa (geralmente marrom) (Listrat et al., 2016).

CONCLUSÃO

A suplementação com diferentes fontes de óleo vegetal é uma opção para a manutenção dos parâmetros físicos da carne de tilápias, uma vez que não foram identificadas alterações em sua coloração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOLES, J. A.; PEGG, R. Meat Color. Department of Animal and Range Sciences. Montana State University, p.4. 2017. [Acesso em 10 jul 2019]. Disponível em: http://www.cfs.purdue.edu/FN/fn453/meat%20color.pdf

BORGHESI R, HISANO H, SUCASAS LFA, LIMA LKF, OETTERER M. Influência da Nutrição sobre a Qualidade do Pescado: especial referência aos ácidos graxos. Corumbá : Embrapa Pantanal, 2013. 21p.

BROWN, T. D.; FRANCIS, D. S.; TURCHINI, G. M. Can dietary lipid source circadian alternation improve omega-3 deposition inrainbow trout? Aquaculture, Amsterdam, v. 300, p. 148-155, 2010.

CASTRO SILVA T. S.; SANTOS, L. D.; FURUYA, W. M.; SILVA, L. C. R.; MATSUSHITA, M.; Dietary conjugated linoleic acid (CLA) for finishing Nile tilapia. Aquaculture Nutrition, v. 17, n. 2, p. e70-e81, 2011.

CHAUTON, M.S.; REITAN, K.I.; NORSKER, N.H.; TVETER, A.S.R.; KLEIVDAL, H.T. A techno-economic analysis of industrial production of marine microalgae as a source of EPA and DHA-rich raw material for aquafeed: research challenges and possibilities. Aquaculture, v. 436, p. 95–103, 2015.

CHAVES, A. P. et al. Avaliação química e física de filés de híbridos de pintado amazônico e real. In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos e X CIGR Section IV International Technical Symposium. 2016, Gramado. Anais... Gramado. 2016.

CICERO, L. H.; FURLAN, E. F.; PRISCO, R. C. B.; NEIVA, C. R. P. Estudo das metodologias de destilação na quantificação do Nitrogênio das Bases Voláteis Totais em pescada, tilápia e camarão. Brazilian Journal of Food Technology. v.17, n.3, p.192-197, 2014.

CORRÊA, C. F.; TACHIBANA, L.; LEONARDO, A. F., & BACCARIN, A. E. Rendimento de carcaça, composição do filé e análise sensorial do robalo-peva de rio e de mar. Boletim do Instituto de Pesca, v. 39, n. 4, p. 401-410, 2013.

Delwiche, J. 2004. The impact of perceptual interactions on perceived flavor. Food Quality and Preference, 15(2): 137-146.

Dhanapal, K., Reddy, G., Nayak, B., Venkateshwarlu, G., Balasubramanian, A., REDDY, A.D. & Basu, S. (2013) Changes in instrumental and sensory characteristics of tilapia fish steaks during cold blanching and Cooking treatments. CHANGES, 8, 887-892.

FONSECA, G. G. et al. Influence of treatments in the quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. Food Science and Nutrition, vol. 1, n. 3, p. 246–253, 2013.

Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, Å. & Nelson, R. (2007) Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquaculture Research, 38, 551-579.

Girao, P.M., Pereira da Silva, E.M. & de Melo, M.P. (2012) Dietary lycopene supplementation on Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) juveniles submitted to confinement: effects on cortisol level and antioxidant response. Aquaculture Research, 43, 789-798.

GIROLAMI, A; NAPOLITANO, F; FARAONE, D; BRAGHIERI, A. Measurement of meat color using a computer vision system. Meat Science. V. 93, p. 111-118, 2013.

GUYON, C.; MEYNIER, A.; LAMBALLERIE, M. Protein and lipid oxidation in meat: a review with emphasis on high-pressure treatments. Trends in Food Science & Technology, 50, 975 131–143. 2016.

HAN, C.Y., ZHENG, Q.M. AND FENG, L.N., 2013. Effects of total replacement of dietary fish oil on growth performance and fatty acid compositions of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*). *Aquacult. Int.,* **21:** 1209-1217.

HE, Y., LIN, G., RAO, X., CHEN, L., JIAN, H., WANG, M. & CHEN, B. Microalga Isochrysis galbana em ração para Trachinotus ovatus: efeito no desempenho de crescimento e composição de ácidos graxos do filé de peixe e fígado. Aquaculture international, v. 26, n. 5, p. 1261-1280, 2018.

HONORATO, C.A; CANEPPELE, A; MATOSO, J.C; PRADO, M.R; SIQUEIRA, M.S; SOUZA, L.R.O. Caracterização física de filés de Surubim (Pseudoplatystoma sp.), Pacu (Piaractus mesopotamicus) e Pirarucu (Arapaimas gigas). Arq. Ciênc. Vet. Zool. 2014;17(4):237-242. 4

HUANG, F., JIANG, M., WEN, H., LIU, W., YANG, C. G., WU, F.; WIE, Q. W. Effects of different dietary lipid sources on growth performance, tissue fatty acid composition and serum lipid indices of juvenile Amur sturgeon, Acipenser schrenckii Brandt, 1869. Journal of Applied Ichthyology, v. 30, 1602–1608, 2014.

HUNTERLAB. Applications note: CIE L* a* b* color scale. Virginia, 8(7). 1996.

IZQUIERDO, M. S.; MONTERO, D.; ROBAINA, L.; CABALLERO, R.; ROSENLUND, G.; GINE´S, R. Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (Sparus aurata) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. Aquaculture, v.250, n.1-2, p.431–444, 2005.

LAWLESS, H.T; HEYMANN, H. Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. 2. ed. California: Springer, 2010.

Li, M.H., Robinson, E.H., Oberle, D.F. & Zimba, P.V. (2007) Effects of various dietary carotenoid pigments on fillet appearance and pigment absorption in channel catfish, Ictalurus punctatus. Journal of the World Aquaculture Society, 38, 557-563.

Li, M.H., Robinson, E.H., Oberle, D.F., Lucas, P.M., Peterson, B.C. & Bates, T.D. (2011) Clearance of yellow pigments lutein and zeathanxin in channel catfish, Ictalurus punctatus, reared at different water temperatures. Journal of the World Aquaculture Society, 42, 105-110.

LI, Q., ZHU, H. Y., WEI, J. J., ZHANG, F., LI, E. C., DU, Z. Y.; CHEN, L. Q. Effects of dietary lipid sources on growth performance, lipid metabolism and antioxidant status of juvenile Russian sturgeon Acipenser gueldenstaedtii. Aquaculture Nutrition, v. 23, n. 3, p. 500–510, 2017.

LIMA et al. Physical, chemical and microbiological quality of fillets and mechanically separated meat, and sensory evaluation of fillets of Nile Tilapia treated with homeopathic product. African Journal of Pharmacy and Pharmacology, v. 9, n. 30, p. 738-744, 2015.

LINES, J. A.; SPENCE, J. Safeguarding the welfare of farmed fish at harvest. **Fish physiology and biochemistry**, v. 38, n. 1, p. 153-162, 2012.

LISTRAT, A.; LEBRET, B.; LOUVEAU, I.; ASTRUC, T.; BONNETE, M.; LEFAUCHEUR, L.; BUGEON, J. How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. The Scientific World Journal, v.2016, p. 3182746, 2016.

LUO, Z.; TAN, X. Y.; LIU, C. X.; LI, X. D.; LIU, X. J.; XI, W. Q. Effect of dietary conjugated linoleic acid levels on growth performance, muscle fatty acid profile, hepatic intermediary metabolism and antioxidant responses in genetically improved farmed Tilapia strain of Nile tilapia Oreochromis niloticus. Aquaculture Research, v. 43, n. 9, p. 1392-1403, 2012.

MEDINA-MEZA, I. G.; BARNABA, C.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Effects of highpressure processing on lipid oxidation: a review. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 22, 1–10. 2014.

MONTEIRO, M.0 L. et al. Synergistic effect of ultraviolet radiation and high hydrostatic pressure on texture, color, and oxidative stability of refrigerated tilapia fillets. Journal Of The Science Of Food And Agriculture, [S.l.], v. 99, n. 9, p.4474-4481, 2 abr. 2019.

PATHARE, P; OPARA, U, L; AL-SAID, F, A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. Food and Bioprocess Technology. V. 6, p. 36–60, 2013.

PEDRAZZANI, A. S., CARNEIRO, P. C. F., KIRSCHNIK, P. G., MOLENTO, C. F. M. Impacto negativo de secção de medula e termonarcose no bem-estar e na qualidade da carne da tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção animal**, v.10, n.1, 2009.

PENG, X., LI, F., LIN, S., & CHEN, Y. Effects of total replacement of fish oil on growth performance, lipid metabolism and antioxidant capacityin tilapia (Oreochromis niloticus), Aquaculture International, v. 24, p. 145–156, 2015.

PEREDA, J. A. O. et al. Tecnologia de Alimentos: Alimentos de Origem Animal. v. 2. Editora Artmed. São Paulo, 279 p., 2005.

PEREIRA, Y.C.A.; ZUANAZZI, J.S.G.; LARA, J.A.F. Características físicas e químicas da carne de jaú (Zungaro jahu). In: 4º Evento de Iniciação Cientifica do Pantanal na XI Semana de Biologia, Anais... Corumbá, p. 15, 2016.

RAMOS e GOMIDE, 2017

ROMBENSO, A.N.; TRUSHENSKI, J.T.; SCHWARZ, M.H. Fish oil replacement in feeds for juvenile Florida pompano: composition of alternative lipid influences degree of tissue fatty acid profile distortion. Aquaculture, v. 458, p.177–186, 2016.

Skonberg, D.I., Hardy, R.W., Barrows, F.T. & Dong, F.M. (1998) Color and flavor analyses of fillets from farm-raised rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fed low-phosphorus feeds containing corn or wheat gluten. Aquaculture, 166, 269-277.

SOARES, K. M. P.; GONÇALVES, A. A. Qualidade e segurança do pescado. Revista Instituto Adolfo Lutz, v.71, n.1, p.1-10, 2012.

SOHN, J. H.; OHSHIMA, T. Control of lipid oxidation and meat color deterioration in skipjack tuna muscle during ice storage. Fish Science, v.76, n.4, p.703–710, 2010.

SOUZA, M. L. R.;MACEDO-VIEGAS, E. M.; SOBRAL, P. J. A.; & KRONKA, S. N. Efeito do peso de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus) sobre o rendimento e a qualidade de seus filés defumados com e sem pele. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 25, n. 1, 2005.

STEFFENS, W. Aquaculture produces wholesome food: cultured fish as a valuable source of n-3 fatty acids. Aquac Int, v. 24, n. 3, p. 787–802, 2015.

SZABO, A.; MÉZES, M.; HANCZ, C.; MOLNÁR, T.; VARGA, D.; ROMVÁRI, R.; FÉBEL, H. Incorporation dynamics of dietary vegetable oil fatty acids into the triacylglycerols and phospholipids of tilapia (Oreochromis niloticus) tissues (fillet, liver, visceral fat and gonads). Aquaculture Nutrition, v. 17, p. e132–e147, 2011.

TEOH C-Y, NG W-K. The implications of substituting dietary fish oil with vegetable oils on the growth performance, fillet fatty acid profile and modulation of the fatty acid elongase, desaturase and oxidation activities of red hybrid tilapia, Oreochromis sp. Aquaculture, v. 465, p.311–322, 2016.

TSUJII, KM (2018). Desempenho produtivo, perfil de ácidos graxos e qualidade da carne da tilápia do nilo alimentada com dieta suplementada com óleo de soja ou de linhaça. Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Ponta Grossa - Área de Concentração: Produção Animal.

TURCHINI, G. M., TORSTENSEN, B. E., & NG, W. K. Fish oil replacement in finfish nutrition. Reviews in Aquaculture, 1, 10–57, 2009.

WU, D; SUN, D-W. Colour measurements by computer vision for food quality control - A review. Trends in Food Science & Technology. V. 29, p. 5–20, 2013.

ZEOLA, N. M. B. L. Conceitos e parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da carne ovina. Revista Nacional da Carne, v.26, n.304, p.36-56, 2002.

Capítulo 6

10.37423/250309801

CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE UMA IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA SOB A FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA

Fernando Nobre Cunha — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

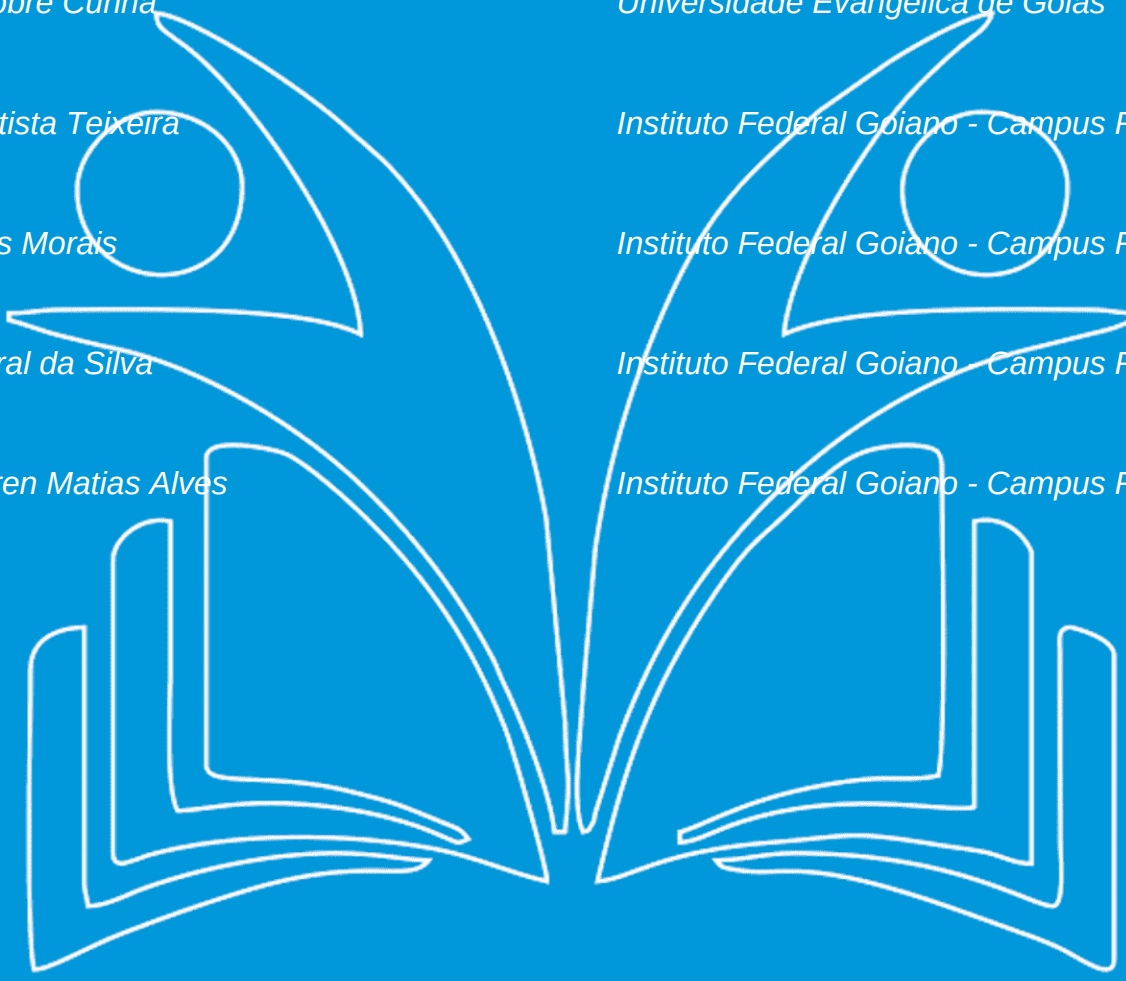
Gabriela Nobre Cunha — *Universidade Evangélica de Goiás*

Marconi Batista Teixeira — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Wilker Alves Morais — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Edson Cabral da Silva — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Daniely Karen Matias Alves — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*



Resumo: O objetivo desse estudo foi realizar a caracterização da uniformidade de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio. Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. Depois de tabulados os dados de vazão, foram determinados o coeficiente de uniformidade estatístico (CUE). O coeficiente de uniformidade estatístico do sistema de irrigação, apresentou uma diferença de até 3,48% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, subsuperficial, vinhoto, monitoramento, emissores.

INTRODUÇÃO

A irrigação é responsável por grande parte da água consumida no Brasil e no mundo, a seleção de sistemas de irrigação mais eficientes e com melhor desempenho é essencial para economia de água (Rodrigues et al., 2013).

O sistema de irrigação pode ser avaliado levando-se em conta aspectos técnicos como a eficiência e uniformidade de aplicação de água, logo o coeficiente de uniformidade de distribuição da água e a eficiência de aplicação são os principais parâmetros utilizados na avaliação de sistema de irrigação, visto que expressam a qualidade da irrigação e são decisivos no planejamento e na operação desses sistemas (Silva; Silva, 2005; Souza et al., 2006).

A uniformidade de aplicação de água de um sistema de irrigação é um dos principais parâmetros para o diagnóstico da situação de funcionamento do sistema, além disso esse é um dos componentes para determinação do nível de eficiência no qual o sistema trabalha e pelo qual a lâmina aplicada deverá ser corrigida para fornecer água de modo a permitir o pleno desenvolvimento da cultura (Mantovani et al., 2009).

O objetivo desse estudo foi realizar a caracterização da uniformidade de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido pela parceria entre MKT Ltda e IF Goiano, em uma área destinada a experimentação no município de Rio Verde – GO. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical). A temperatura média anual é de 23,8°C. A precipitação pluvial média anual varia entre 1430 e 1650 mm e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

O sistema IoT monitora os parâmetros de funcionamento do sistema de irrigação e avalia o seu desempenho comparando os valores obtidos com os intervalos aceitáveis, disponibilizando tais dados por meio de indicadores; basicamente o sistema por meio de sensores detecta a qualidade da água de irrigação, realiza a avaliação da uniformidade de aplicação de água e a identificação de entupimentos parciais e totais. Para uma melhor avaliação do diagnóstico de sistemas de irrigação utilizando tecnologias de internet das coisas (IoT), foi realizado o teste do produto em campo.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, sendo típico, de textura média, fase cerrado (SANTOS et al., 2018). As características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural do solo da área experimental

Prof	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC	V
Cm	H_2O	g kg^{-1}	mg dm^{-3}	----------mmol dm^{-3}----------							%
0-20	6,2	63,4	7,1	2,0	20,4	16,8	0	57,8	41,8	99,5	41,9
20-40	6,6	44,5	2,7	4,1	14,4	13,2	0	44,6	31,7	76,2	41,6

Prof	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cm	----------mg dm^{-3}----------				
0-20	0,17	4,10	35,85	18,80	1,45
20-40	0,16	2,85	35,80	16,10	1,35

Prof	Granulometria			θ_{CC}	θ_{PMP}	Ds	PT	Classif. Textural
Cm	g kg^{-1}			---m^3 m^{-3}---		g cm^{-3}	cm^3 cm^{-3}	-
0-20	458,3	150,2	391,5	51,83	30,50	1,27	0,55	Franco Argiloso
20-40	374,9	158,3	466,8	55,00	31,33	1,28	0,51	Argila

[1]CC – Capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente; P, K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L^{-1}; Al: KCl 1 mol L^{-1}; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O - Matéria Orgânica; pH - em $CaCl_2$; CTC - Capacidade de troca de cátions; V - Saturação da CTC por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio (Sousa; Lobato, 2004).

A Tabela 2 apresenta as características químicas da vinhaça, detalhando os seguintes elementos e compostos presentes.

Tabela 2. Características químicas da vinhaça.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	SO_4	Matéria orgânica	Cu	Zn	Mn	Fe
----------kg m^{-3}----------							----------g m^{-3}----------			
0,30	0,12	4,63	0,50	0,34	1,45	19,60	6,00	2,00	3,50	7,50

Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. As parcelas experimentais, foram constituídas 6 m × 2 m, cada parcela contendo quatro linhas de feijão no espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de plantio com 12 a 15 sementes por metro, de modo a obter um estande final segundo recomendado para a cultivar. Sendo as duas linhas de feijão externas da parcela considerada bordadura.

Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. As linhas laterais tiveram 6 m de comprimento, mantendo-se o espaçamento entre gotejadores original, com o intuito de não modificar as reais condições de fabricação.

Foi realizado o teste de uniformidade em campo manualmente e de maneira automática para aferição dos dados. Foi avaliado em campo a vazão dos gotejadores seguindo-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), em que é medida a vazão de quatro gotejadores por linha lateral em cada uma das quatro linhas laterais, totalizando 16 gotejadores monitorados em cada uma das parcelas.

À entrada das linhas laterais foi instalada uma tomada de pressão, permitindo que a cada medição de vazão a pressão seja checada e, se necessário, ajustada àquela pré-estabelecida (100 kPa). Para a medição da pressão de serviço, à entrada da linha de emissores, foi utilizado um manômetro de Bourdon com faixa de leitura de 0 – 10 kgf cm^{-2}.

O procedimento para leitura de vazão dos gotejadores consistiu na pressurização do sistema (100 kPa), posicionamento de recipientes (1 L) sob os respectivos dispositivos conectados aos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, retirada sequencial dos recipientes após 5 minutos com defasagem de 5 segundos, medição do volume coletado e tabulação dos dados.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos do coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), conforme a equação 1:

$$CUE = 100\left(1 - \frac{S}{\overline{X}}\right) \quad (1)$$

em que:

CUE - coeficiente de uniformidade estatístico, em %;

$\overline{X}$ - vazão média dos gotejadores, em L h^{-1};

S - desvio-padrão dos dados de vazão, em L h^{-1};

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p<0,05$), e em casos de significância, foi realizado o teste de média Tukey ($p<0,05$) para o fator fertirrigação, sistema de irrigação e condições dos gotejadores, utilizando o software estatístico R® (R Core Team, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,23 e 2,18% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com e sem automação, respectivamente (Figura 1A).

O CUE do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,96 e 3,48% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com e sem automação respectivamente (Figura 1B).

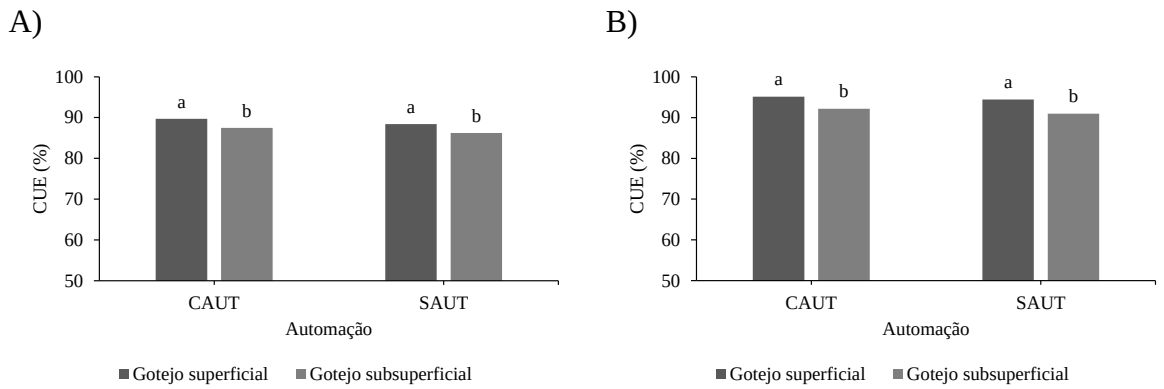


Figura 1. Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) em função do sistema de irrigação com (CAUT) e sem automação (SAUT) com gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

Raphael et al. (2018) verificaram valores de uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação localizada, na classe de excelente, com um coeficiente de uniformidade acima de 90%.

O Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 1,27 e 1,22% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 2A).

O CUE do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, não apresentou diferença significativa entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição superficial (Figura 2B).

O CUE do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 1,22% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição subsuperficial (Figura 2B).

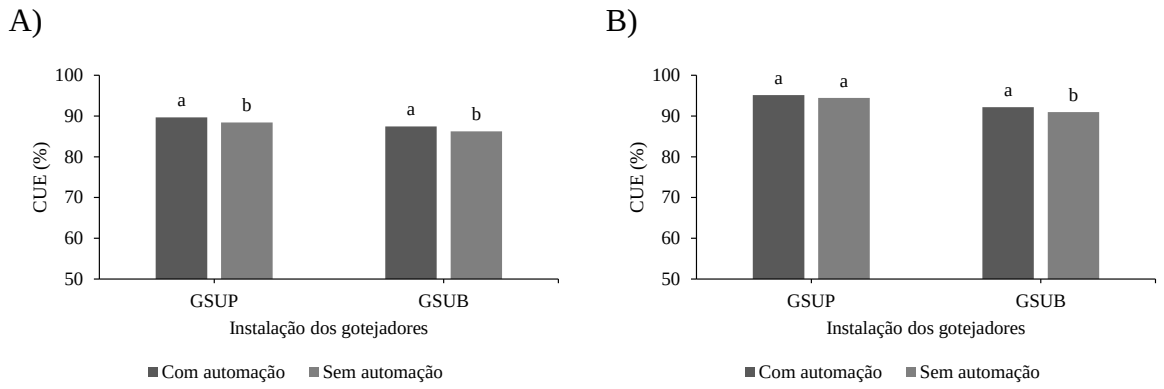


Figura 2. Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com sistema de irrigação com e sem automação, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

A desuniformidade de aplicação de água dos sistemas de irrigação reduz o retorno econômico que se pode obter em áreas irrigadas e eleva o impacto ambiental dessa atividade, em função da diminuição do rendimento das culturas irrigadas e do desperdício de água, energia e fertilizantes (Ortega et al., 2004).

O Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) do sistema de irrigação com automação, apresentou uma diferença de 5,45 e 4,72% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3A).

O CUE do sistema de irrigação sem automação, apresentou uma diferença de 6,02 e 4,72% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3B).

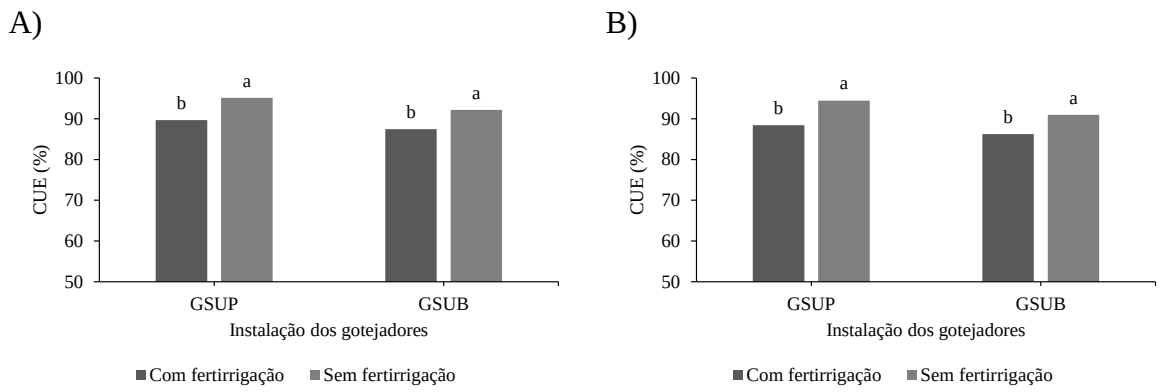


Figura 3. Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com e sem fertirrigação com vinhaça, para o sistema de irrigação com (A) e sem automação (B).

CONCLUSÕES

O coeficiente de uniformidade estatístico do sistema de irrigação, apresentou uma diferença de até 3,48% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial.

O coeficiente de uniformidade estatístico do sistema de irrigação localizada por gotejamento, apresentou uma diferença de até 1,27% entre o sistema de irrigação com e sem automação.

O coeficiente de uniformidade estatístico do sistema de irrigação localizada, apresentou uma diferença de até 6,02% entre com e sem fertirrigação com vinhaça.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KELLER, J.; KARMELI D. Trickle irrigation design. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 2. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, 2009. p. 358.

ORTEGA ÁLVAREZ, J.; TARJUELO MARTIN-BENITO, J.; DE JUAN VALERO, J.; CARRIÓN PÉREZ, P. Uniformity distribution and its economic effect on irrigation management in semiarid zones. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, New York, v. 130, n. 4, p. 257-268, 2004.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

RAPHAEL, O. D; AMODU, M. F; OKUNADE, D. A; ELEMILE, O. O; GBADAMOSI A. A. Field Evaluation of gravity-fed surface drip irrigation systems in a sloped greenhouse. International Journal of Civil Engineering and Technology,Tamilnadu, v.9, n. 10, p. 536-548, 2018.

RODRIGUES, R. R.; COLA, M. P. A.; NAZÁRIO, A. A.; AZEVEDO, J. M. G.; REIS, E. F. Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. Ambiência Guarapuava (PR) v.9 n.2 p. 323 - 334 Maio/Ago. 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. 3.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353p.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. Revista Cientifica Eletrônica de Agronomia, Garça-SP, v. 2, n.8, p. 1-17, 2005.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. (Eds). 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa-CPA, 416 p., 2004.

SOUZA, L. O. C.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; FREITAS, P. S. L. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB v. 10, n. 3, p. 541-548, 2006.

Capítulo 7

10.37423/250309802

DIAGNÓSTICO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO TECNOLOGIAS DE INTERNET DAS COISAS (IOT)

Fernando Nobre Cunha — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Gabriela Nobre Cunha — *Universidade Evangélica de Goiás*

Marconi Batista Teixeira — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Wilker Alves Morais — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Daniely Karen Matias Alves — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Laura Campos de Lira — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Cicero Teixeira Silva Costa — *Instituto Federal de Mato Grosso do Sul*

Resumo: O objetivo desse estudo foi avaliar a uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio. Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. Depois de tabulados os dados de vazão, foram determinados o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD). O coeficiente de uniformidade de distribuição do sistema de irrigação localizada por gotejamento, apresentou uma diferença de até 2,51% entre o sistema de irrigação com e sem automação.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, fertirrigação, vinhoto, monitoramento, emissores.

INTRODUÇÃO

A uniformidade de aplicação de água é uma medida que visa avaliar a capacidade de um sistema de irrigação de aplicar a mesma quantidade de água em todos os lugares da área irrigada (Mohamed et al., 2019).

O coeficiente de uniformidade de distribuição é o mais utilizado para avaliar o desempenho de sistemas de irrigação localizada, por ser uma medida mais restrita, mas principalmente, porque levam em consideração as plantas que podem receber menor quantidade de água (Mantovani et al., 2009; Rodrigues et al., 2013).

O monitoramento da uniformidade de um sistema de irrigação localizada por gotejamento é ainda mais importante, pois podem surgir problemas durante a realização da fertirrigação, devido ao pequeno diâmetro dos emissores, há uma possibilidade de entupimento, o que influencia a uniformidade (Hermes et al., 2018; Lopes et al., 2021). Nesse contexto, torna-se relevante a avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento sob fertirrigação com vinhaça, pois podem provocar alterações no desempenho do sistema de irrigação. Com isso o objetivo desse estudo foi avaliar a uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido pela parceria entre MKT Ltda e IF Goiano, em uma área destinada a experimentação no município de Rio Verde – GO. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical). A temperatura média anual é de 23,8°C. A precipitação pluvial média anual varia entre 1430 e 1650 mm e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

O sistema IoT monitora os parâmetros de funcionamento do sistema de irrigação e avalia o seu desempenho comparando os valores obtidos com os intervalos aceitáveis, disponibilizando tais dados por meio de indicadores; basicamente o sistema por meio de sensores detecta a qualidade da água de irrigação, realiza a avaliação da uniformidade de aplicação de água e a identificação de entupimentos parciais e totais. Para uma melhor avaliação do diagnóstico de sistemas de irrigação utilizando tecnologias de internet das coisas (IoT), foi realizado o teste do produto em campo.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, sendo típico, de textura média, fase cerrado (SANTOS et al., 2018). As características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural do solo da área experimental

Prof	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC	V
Cm	H_2O	g kg^{-1}	mg dm^{-3}	----------mmol dm^{-3}----------							%
0-20	6,2	63,4	7,1	2,0	20,4	16,8	0	57,8	41,8	99,5	41,9
20-40	6,6	44,5	2,7	4,1	14,4	13,2	0	44,6	31,7	76,2	41,6

Prof	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cm	----------mg dm^{-3}----------				
0-20	0,17	4,10	35,85	18,80	1,45
20-40	0,16	2,85	35,80	16,10	1,35

Prof	Granulometria			θ_{CC}	θ_{PMP}	Ds	PT	Classif. Textural
Cm	g kg^{-1}			---m^3 m^{-3}---		g cm^{-3}	cm^3 cm^{-3}	-
0-20	458,3	150,2	391,5	51,83	30,50	1,27	0,55	Franco Argiloso
20-40	374,9	158,3	466,8	55,00	31,33	1,28	0,51	Argila

[1]CC – Capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente; P, K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L^{-1}; Al: KCl 1 mol L^{-1}; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O - Matéria Orgânica; pH - em $CaCl_2$; CTC - Capacidade de troca de cátions; V - Saturação da CTC por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio (Sousa; Lobato, 2004).

A Tabela 2 apresenta as características químicas da vinhaça, detalhando os seguintes elementos e compostos presentes.

Tabela 2. Características químicas da vinhaça.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	SO_4	Matéria orgânica	Cu	Zn	Mn	Fe
----------kg m^{-3}----------							----------g m^{-3}----------			
0,30	0,12	4,63	0,50	0,34	1,45	19,60	6,00	2,00	3,50	7,50

Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. As parcelas experimentais, foram constituídas 6 m × 2 m, cada parcela contendo quatro linhas de feijão no espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de plantio com 12 a 15 sementes por metro, de modo a obter um estande final segundo recomendado para a cultivar. Sendo as duas linhas de feijão externas da parcela considerada bordadura.

Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. As linhas laterais tiveram 6 m de comprimento, mantendo-se o espaçamento entre gotejadores original, com o intuito de não modificar as reais condições de fabricação.

Foi realizado o teste de uniformidade em campo manualmente e de maneira automática para aferição dos dados. Foi avaliado em campo a vazão dos gotejadores seguindo-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), em que é medida a vazão de quatro gotejadores por linha lateral em cada uma das quatro linhas laterais, totalizando 16 gotejadores monitorados em cada uma das parcelas.

À entrada das linhas laterais foi instalada uma tomada de pressão, permitindo que a cada medição de vazão a pressão seja checada e, se necessário, ajustada àquela pré-estabelecida (100 kPa). Para a medição da pressão de serviço, à entrada da linha de emissores, foi utilizado um manômetro de Bourdon com faixa de leitura de 0 – 10 kgf cm^{-2}.

O procedimento para leitura de vazão dos gotejadores consistiu na pressurização do sistema (100 kPa), posicionamento de recipientes (1 L) sob os respectivos dispositivos conectados aos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, retirada sequencial dos recipientes após 5 minutos com defasagem de 5 segundos, medição do volume coletado e tabulação dos dados.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), conforme a equação 1:

$$CUD = 100\left(\frac{X_{25\%}}{\overline{X}}\right) \quad (1)$$

em que:

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição, em %;

$\overline{X}$ - vazão média dos gotejadores, em L h^{-1};

$X_{25\%}$ - média de 25% do total de gotejadores, com as menores vazões, em L h^{-1}.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p<0,05$), e em casos de significância, foi realizado o teste de média Tukey ($p<0,05$) para o fator fertirrigação, sistema de irrigação e condições dos gotejadores, utilizando o software estatístico R® (R Core Team, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 3,35% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para o sistema com automação (Figura 1A).

Os gotejadores tendem a apresentar diminuição na vazão quando na condição subsuperficial (enterrados), os quais não demonstraram possuir mecanismos que impeçam efetivamente a entrada de partículas sólidas em seu interior (Cunha et al., 2013).

O CUD do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, não apresentou diferença significativa entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para o sistema sem automação (Figura 1A).

O CUD do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,71 e 4,51% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com e sem automação respectivamente (Figura 1B).

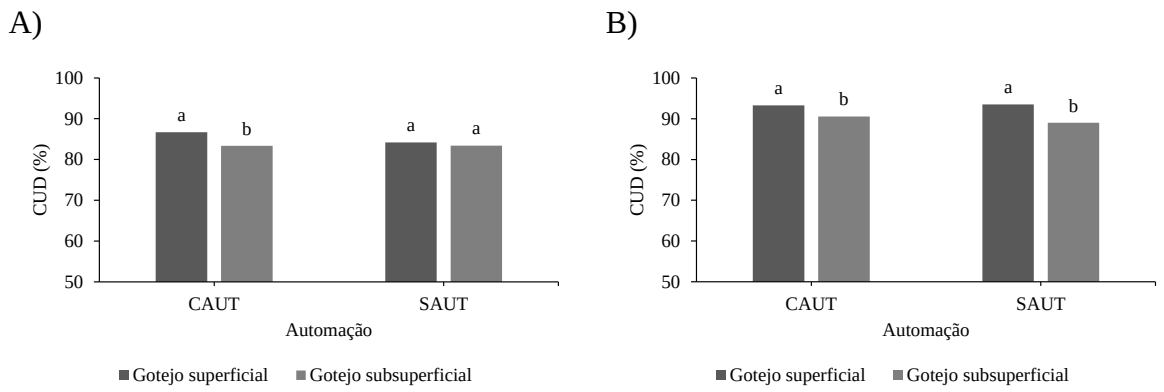


Figura 1. Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) em função do sistema de irrigação com (CAUT) e sem automação (SAUT) com gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

O Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,51% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição superficial (Figura 2A).

O CUD do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, não apresentou diferença significativa entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição subsuperficial (Figura 2A).

O CUD do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, não apresentou diferença significativa entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição superficial (Figura 2B).

O CUD do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 1,56% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição subsuperficial (Figura 2B).

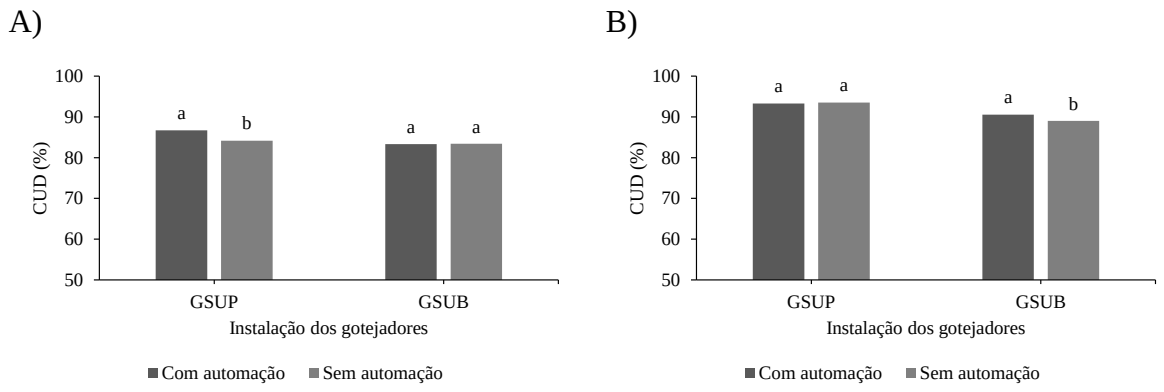


Figura 2. Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com sistema de irrigação com e sem automação, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

O Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) do sistema de irrigação com automação, apresentou uma diferença de 6,59 e 7,23% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3A).

A taxa de vinhaça aplicada através da água de irrigação (fertirrigação) e os tempos de operação podem afetar a uniformidade de distribuição de água, a eficiência do uso de água e de nutrientes, impactando o rendimento e a produtividade das culturas (Contreras et al., 2020).

O CUD do sistema de irrigação sem automação, apresentou uma diferença de 9,34 e 5,59% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3B).

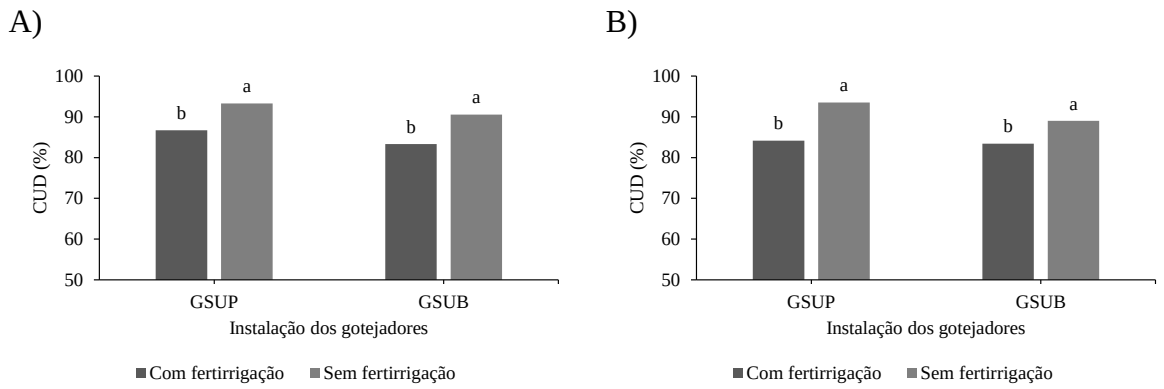


Figura 3. Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com e sem fertirrigação com vinhaça, para o sistema de irrigação com (A) e sem automação (B).

CONCLUSÕES

O coeficiente de uniformidade de distribuição do sistema de irrigação localizada por gotejamento, apresentou uma diferença de até 2,51% entre o sistema de irrigação com e sem automação.

O coeficiente de uniformidade de distribuição do sistema de irrigação, apresentou uma diferença de até 4,51% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial.

O coeficiente de uniformidade de distribuição do sistema de irrigação localizada, apresentou uma diferença de até 9,34% entre com e sem fertirrigação com vinhaça.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONTRERAS, J. I.; BAEZA, R.; ALONSO, F.; CÁNOVAS, G.; GAVILÁN, P.; LOZANO, D. Effect of distribution uniformity and fertigation volume on the bio-productivity of the Greenhouse Zucchini crop. Water, v.12, p.1-15, 2020.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; OLIVEIRA, R. C.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; GOMES, R. R. F. Caracterização hidráulica de gotejadores em condição superficial e subsuperficial. Fortaleza, CE, INOVAGRI. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.7, nº. 5, p 317 - 329, 2013.

HERMES, E.; VILAS BOAS, M. A.; GONÇALVES, M. P.; GRIS, D. J.; LINS, M. A.; BERGER, J. S. Uniformidade e distribuição na irrigação por gotejamento com água residuária de processamento de mandioca. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá, v. 11, n. 2, p. 545-559, 2018.

KELLER, J.; KARMELI D. Trickle irrigation design. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LOPES, A. R.; VILAS BOAS, M. A.; PAZUCH, F. A.; DALLA CORTE, L.; GOMES, B. M.; PRATES, R. T. C. Uniformity of drip irrigation system with liquid peat on different slopes. Irriga, Botucatu, Edição Especial – Sul, v. 1, n. 2, p. 357-366, julho, 2021.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 2. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, 2009. p. 358.

MOHAMED, A. Z.; PETERS, R. T.; ZHU, X.; SARWAR, A. Adjusting irrigation uniformity coefficients for unimportant variability on a small scale. Agricultural Water Management, Amsterdam, v. 213, n. 1, p. 1078-1083, 2019.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

RODRIGUES, R. R.; COLA, M. P. A.; NAZÁRIO, A. A.; AZEVEDO, J. M. G.; REIS, E. F. Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. Ambiência Guarapuava (PR) v.9 n.2 p. 323 - 334 Maio/Ago. 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. 3.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. (Eds). 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa-CPA, 416 p., 2004.

Capítulo 8

10.37423/250309803

UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO SOB APLICAÇÃO DE VINHAÇA EM LATOSSOLO DE CERRADO

Fernando Nobre Cunha — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Gabriela Nobre Cunha — *Universidade Evangélica de Goiás*

Marconi Batista Teixeira — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Wilker Alves Morais — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Edson Cabral da Silva — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Daniely Karen Matias Alves — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

José Joaquim de Carvalho — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Resumo: O objetivo desse estudo foi avaliar a variabilidade da uniformidade de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio. Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. Depois de tabulados os dados de vazão, foram determinados o coeficiente de uniformidade absoluto (CUA). O coeficiente de uniformidade absoluto do sistema de irrigação localizada, apresentou uma diferença de até 7,37% entre com e sem fertirrigação com vinhaça.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, vinhoto, monitoramento, fertirrigação.

INTRODUÇÃO

Do ponto de vista ambiental, os sistemas de irrigação por gotejamento são os mais sustentáveis para a aplicação de vinhaça via água de irrigação, devido a elevada uniformidade e eficiência de aplicação, da minimização dos riscos de escoamento superficial, percolação e acumulação de sais próximo ao sistema radicular, ainda que possua todas essas vantagens os sistemas de irrigação por gotejamento sofrem com algumas limitações quando sob fertirrigação de vinhaça, principalmente entupimento dos emissores que podem levar a diminuição da uniformidade de distribuição de água (Batista et al., 2014; Rodrigues Filho et al., 2020).

A uniformidade de distribuição de água é um parâmetro que caracteriza o sistema de irrigação em função da diferença de volume aplicado na planta ao longo das linhas laterais, portanto a uniformidade de aplicação de água é fator fundamental ao sucesso do empreendimento (Barreto Filho et al., 2000; Faria et al., 2004).

A uniformidade na distribuição de água é essencial para avaliar o desempenho e a manutenção de sistemas de irrigação localizados e melhorar a utilização de água e insumos (Avelino Neto, 2019).

O objetivo desse estudo foi avaliar a variabilidade da uniformidade de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido pela parceria entre MKT Ltda e IF Goiano, em uma área destinada a experimentação no município de Rio Verde – GO. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical). A temperatura média anual é de 23,8°C. A precipitação pluvial média anual varia entre 1430 e 1650 mm e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

O sistema IoT monitora os parâmetros de funcionamento do sistema de irrigação e avalia o seu desempenho comparando os valores obtidos com os intervalos aceitáveis, disponibilizando tais dados por meio de indicadores; basicamente o sistema por meio de sensores detecta a qualidade da água de irrigação, realiza a avaliação da uniformidade de aplicação de água e a identificação de entupimentos parciais e totais. Para uma melhor avaliação do diagnóstico de sistemas de irrigação utilizando tecnologias de internet das coisas (IoT), foi realizado o teste do produto em campo.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, sendo típico, de textura média, fase cerrado (SANTOS et al., 2018). As características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural do solo da área experimental

Prof	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC	V
Cm	H_2O	g kg^{-1}	mg dm^{-3}	----------mmol dm^{-3}----------							%
0-20	6,2	63,4	7,1	2,0	20,4	16,8	0	57,8	41,8	99,5	41,9
20-40	6,6	44,5	2,7	4,1	14,4	13,2	0	44,6	31,7	76,2	41,6

Prof	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cm	----------mg dm^{-3}----------				
0-20	0,17	4,10	35,85	18,80	1,45
20-40	0,16	2,85	35,80	16,10	1,35

Prof	Granulometria			θ_{CC}	θ_{PMP}	Ds	PT	Classif. Textural
Cm	g kg^{-1}			---m^3 m^{-3}---		g cm^{-3}	cm^3 cm^{-3}	-
0-20	458,3	150,2	391,5	51,83	30,50	1,27	0,55	Franco Argiloso
20-40	374,9	158,3	466,8	55,00	31,33	1,28	0,51	Argila

[1]CC – Capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente; P, K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L^{-1}; Al: KCl 1 mol L^{-1}; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O - Matéria Orgânica; pH - em $CaCl_2$; CTC - Capacidade de troca de cátions; V - Saturação da CTC por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio (Sousa; Lobato, 2004).

A Tabela 2 apresenta as características químicas da vinhaça, detalhando os seguintes elementos e compostos presentes.

Tabela 2. Características químicas da vinhaça.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	SO_4	Matéria orgânica	Cu	Zn	Mn	Fe
----------kg m^{-3}----------							----------g m^{-3}----------			
0,30	0,12	4,63	0,50	0,34	1,45	19,60	6,00	2,00	3,50	7,50

Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. As parcelas experimentais, foram constituídas 6 m × 2 m, cada parcela contendo quatro linhas de feijão no espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de plantio com 12 a 15 sementes por metro, de modo a obter um estande final segundo recomendado para a cultivar. Sendo as duas linhas de feijão externas da parcela considerada bordadura.

Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. As linhas laterais tiveram 6 m de comprimento, mantendo-se o espaçamento entre gotejadores original, com o intuito de não modificar as reais condições de fabricação.

Foi realizado o teste de uniformidade em campo manualmente e de maneira automática para aferição dos dados. Foi avaliado em campo a vazão dos gotejadores seguindo-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), em que é medida a vazão de quatro gotejadores por linha lateral em cada uma das quatro linhas laterais, totalizando 16 gotejadores monitorados em cada uma das parcelas.

À entrada das linhas laterais foi instalada uma tomada de pressão, permitindo que a cada medição de vazão a pressão seja checada e, se necessário, ajustada àquela pré-estabelecida (100 kPa). Para a medição da pressão de serviço, à entrada da linha de emissores, foi utilizado um manômetro de Bourdon com faixa de leitura de 0 – 10 kgf cm^{-2}.

O procedimento para leitura de vazão dos gotejadores consistiu na pressurização do sistema (100 kPa), posicionamento de recipientes (1 L) sob os respectivos dispositivos conectados aos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, retirada sequencial dos recipientes após 5 minutos com defasagem de 5 segundos, medição do volume coletado e tabulação dos dados.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos do coeficiente de uniformidade absoluto (CUA), conforme a equação 1:

$$CUA = 50\left(\frac{X_{25\%}}{\overline{X}} + \frac{\overline{X}}{X_{12,5\%}}\right) \quad (1)$$

em que:

CUA - coeficiente de uniformidade absoluto, em %;

$\overline{X}$ - vazão média dos gotejadores, em L h^{-1};

$X_{25\%}$ - média de 25% do total de gotejadores, com as menores vazões, em L h^{-1}; e

$X_{12,5\%}$ - média de 12,5% do total de gotejadores, com as maires vazões, em L h^{-1}.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p<0,05$), e em casos de significância, foi realizado o teste de média Tukey ($p<0,05$) para o fator fertirrigação, sistema de irrigação e condições dos gotejadores, utilizando o software estatístico R® (R Core Team, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,59% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para o sistema com automação (Figura 1A).

O CUA do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, não apresentou diferença significativa entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para o sistema sem automação (Figura 1A).

O CUA do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 3,25 e 4,15% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com e sem automação respectivamente (Figura 1B).

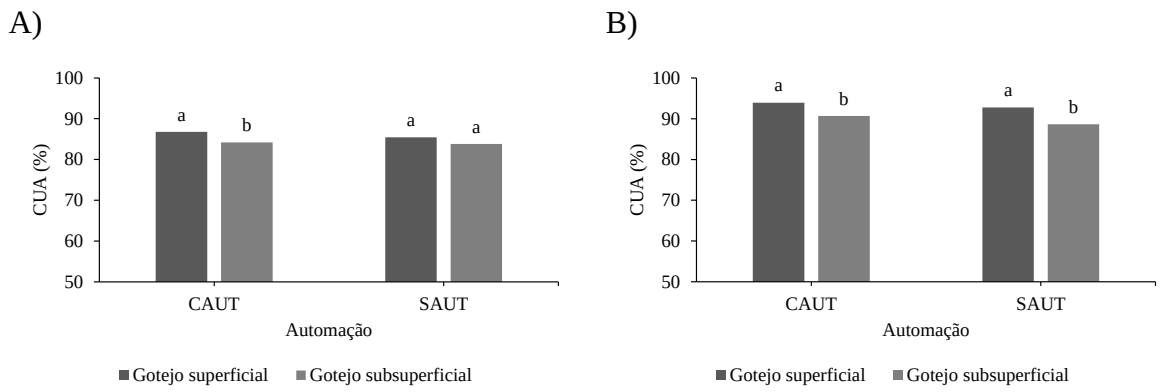


Figura 1. Coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) em função do sistema de irrigação com (CAUT) e sem automação (SAUT) com gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

Segundo Mantovani et al. (2009) de uniformidade acima de 90%, são considerados excelentes, bom de 80 a 90%, regular de 70 a 80%, ruim 70 a 60% e inaceitável abaixo de 60%.

O Coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 1,36% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição superficial (Figura 2A).

O CUA do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, não apresentou diferença significativa entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição subsuperficial (Figura 2A).

O CUA do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 1,15 e 2,05% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 2B).

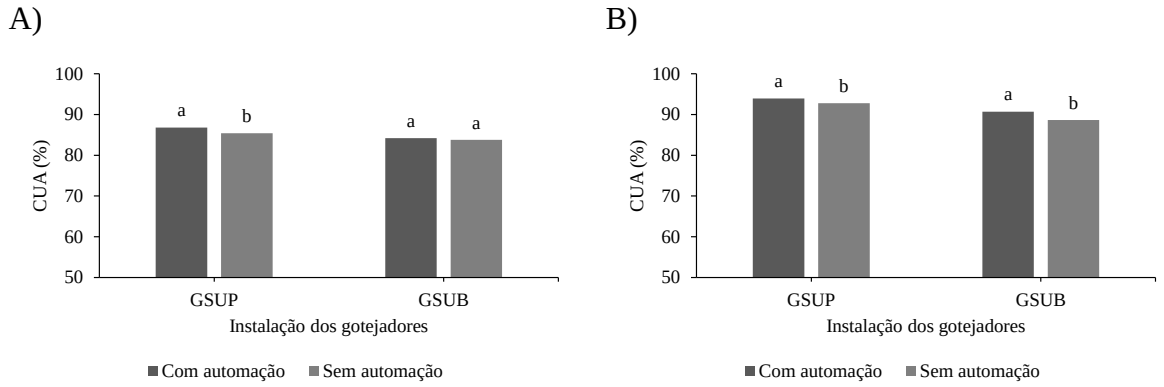


Figura 2. Coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com sistema de irrigação com e sem automação, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

Martins et al. (2013) avaliando sistemas de irrigação localizada por gotejamento verificaram uma uniformidade de aplicação média de aproximadamente 92,40%, valores considerados excelentes.

O Coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) do sistema de irrigação com automação, apresentou uma diferença de 7,15 e 6,49% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3A).

O CUA do sistema de irrigação sem automação, apresentou uma diferença de 7,37 e 4,84% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3B).

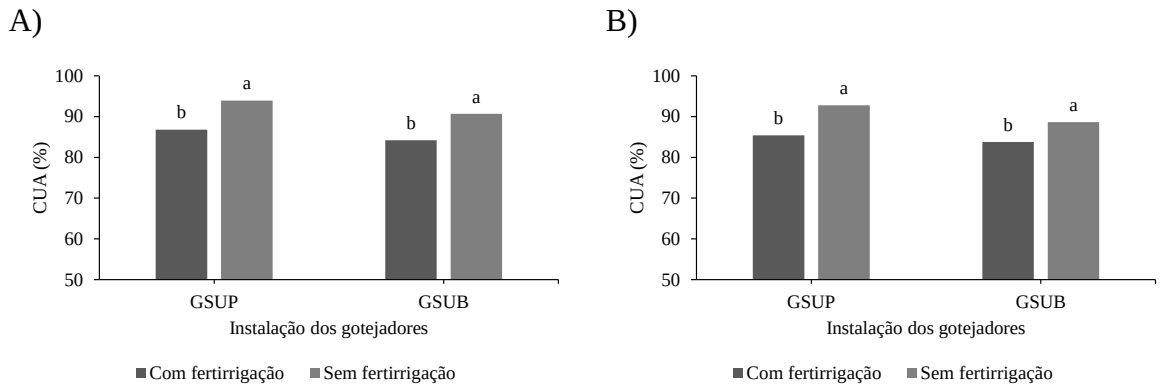


Figura 3. Coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com e sem fertirrigação com vinhaça, para o sistema de irrigação com (A) e sem automação (B).

CONCLUSÕES

O coeficiente de uniformidade absoluto do sistema de irrigação, apresentou uma diferença de até 4,15% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial.

O coeficiente de uniformidade absoluto do sistema de irrigação localizada, apresentou uma diferença de até 7,37% entre com e sem fertirrigação com vinhaça.

O coeficiente de uniformidade absoluto do sistema de irrigação localizada por gotejamento, apresentou uma diferença de até 2,05% entre o sistema de irrigação com e sem automação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVELINO NETO, S.; SANDRI, D.; SILVA, F. V. O. Avaliação de um sistema de irrigação por gotejamento em pomar de Lima-Ácida Tahiti. Revista Mirante, v.12, p.215-231, 2019.

BARRETO FILHO, A. A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J. A.; GOMES, E. M.; Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 309- 314, 2000.

FARIA, L. F.; COELHO, R. D.; RESENDE, R. S. Variação de vazão de gotejadores de fluxo normal enterrados na irrigação de café. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 589-602, 2004.

KELLER, J.; KARMELI D. Trickle irrigation design. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. Irrigação: princípios e métodos. 3. ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV. 2009. 355p.

MARTINS, C. L.; BUSATO, C.; SILVA, S. F.; RODRIGURES, W. N.; REIS, E. F. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação no sul do Estado do Espírito Santo. Revista Agro@mbiente Online, Boa Vista, v.7, n.2, p.236-241, 2013.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

RODRIGUES FILHO, R. A.; FONSECA, R. D.; SILVA, K. B.; PAIVA, L. A. L.; TEIXEIRA, A. D. S.; CARVALHO, F. E.; BATISTA, R. O. Análise do desempenho de gotejadores não autocompensantes operando com esgoto sanitário tratado. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v. 3, n. 3, p. 1271-1283, 2020.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. 3.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. (Eds). 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa-CPA, 416 p., 2004.

Capítulo 9

10.37423/250309804

DESEMPENHO DE UMA IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICA POR GOTEJAMENTO SOB A FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA

Fernando Nobre Cunha — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

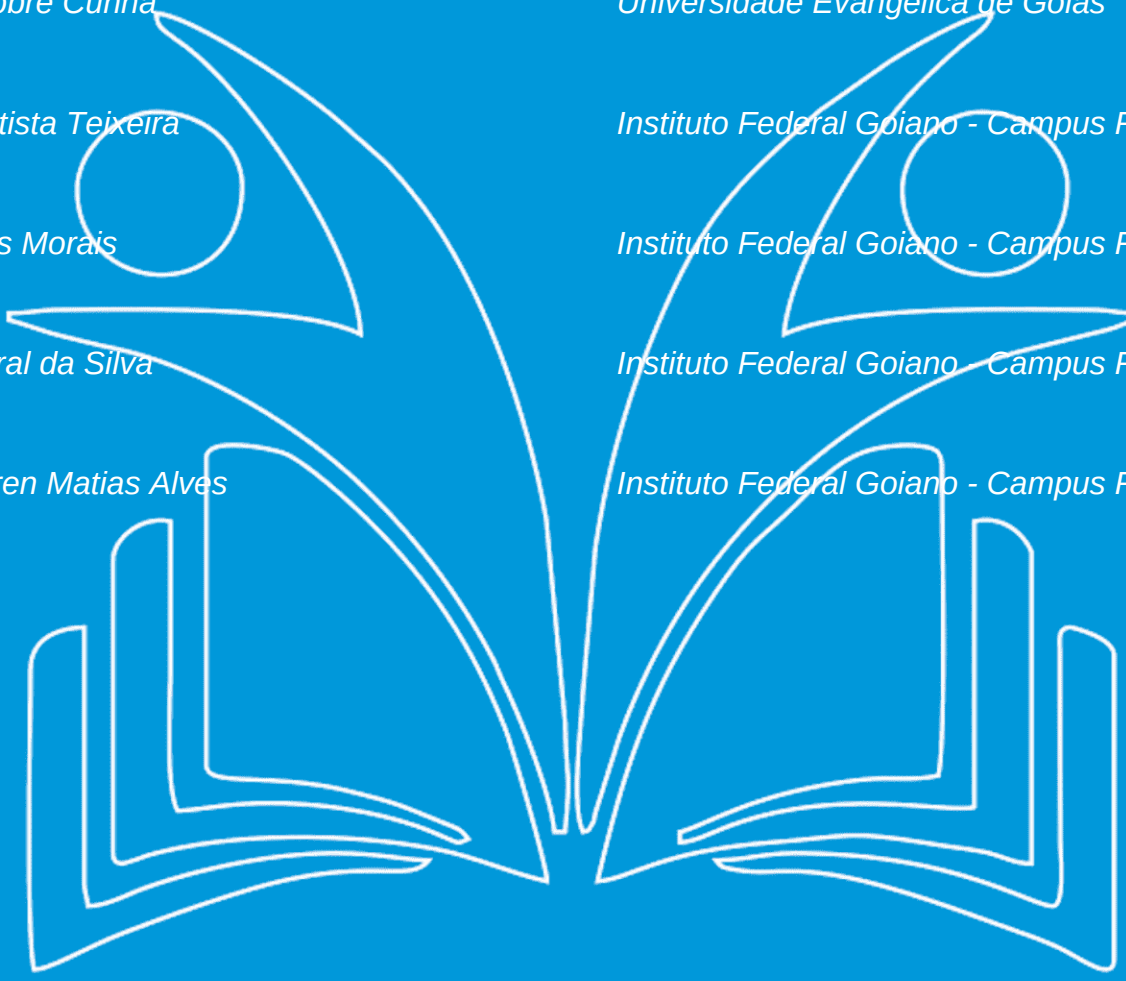
Gabriela Nobre Cunha — *Universidade Evangélica de Goiás*

Marconi Batista Teixeira — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Wilker Alves Morais — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Edson Cabral da Silva — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Daniely Karen Matias Alves — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*



Resumo: O objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio. Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. Depois de tabulados os dados de vazão, foram determinados o coeficiente de uniformidade de Hart (CUH). O coeficiente de uniformidade de Hart do sistema de irrigação, apresentou uma diferença de até 5,16% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, vinhoto, monitoramento, emissores, subsuperficial.

INTRODUÇÃO

O método de irrigação localizada destaca-se por aplicar água diretamente no sistema radicular da planta, promovendo, assim, uma economia no uso da água, dessa forma o sistema de irrigação por gotejamento vem apresentando ampla expansão na irrigação das culturas, corroborando com isso a possibilidade de realização de fertirrigação (Keller; Karmeli, 1975; Mantovani, 2000).

Para que a irrigação seja eficiente, é imperativo que os sistemas de irrigação exibam alta uniformidade de aplicação da água, pois é necessário verificar se as condições inicialmente previstas se confirmam no campo, para isso, devem ser avaliadas as condições de pressão, vazão e lâminas de água aplicadas, logo melhorar a uniformidade de um sistema de irrigação é uma das decisões mais importantes para o manejo adequado da água aplicada (Bernardo et al., 2006; Júnior et al., 2016). Rodrigues et al. (2013) ressaltam que a análise dos coeficientes de uniformidade é essencial para avaliar o desempenho de qualquer sistema de irrigação.

O objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido pela parceria entre MKT Ltda e IF Goiano, em uma área destinada a experimentação no município de Rio Verde – GO. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical). A temperatura média anual é de 23,8°C. A precipitação pluvial média anual varia entre 1430 e 1650 mm e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

O sistema IoT monitora os parâmetros de funcionamento do sistema de irrigação e avalia o seu desempenho comparando os valores obtidos com os intervalos aceitáveis, disponibilizando tais dados por meio de indicadores; basicamente o sistema por meio de sensores detecta a qualidade da água de irrigação, realiza a avaliação da uniformidade de aplicação de água e a identificação de entupimentos parciais e totais. Para uma melhor avaliação do diagnóstico de sistemas de irrigação utilizando tecnologias de internet das coisas (IoT), foi realizado o teste do produto em campo.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, sendo típico, de textura média, fase cerrado (SANTOS et

al., 2018). As características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural do solo da área experimental

Prof	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC	V
Cm	H_2O	g kg^{-1}	mg dm^{-3}	----------mmol dm^{-3}----------							%
0-20	6,2	63,4	7,1	2,0	20,4	16,8	0	57,8	41,8	99,5	41,9
20-40	6,6	44,5	2,7	4,1	14,4	13,2	0	44,6	31,7	76,2	41,6

Prof	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cm	----------mg dm^{-3}----------				
0-20	0,17	4,10	35,85	18,80	1,45
20-40	0,16	2,85	35,80	16,10	1,35

Prof	Granulometria			θ_{CC}	θ_{PMP}	Ds	PT	Classif. Textural
Cm	g kg^{-1}			---m^3 m^{-3}---		g cm^{-3}	cm^3 cm^{-3}	-
0-20	458,3	150,2	391,5	51,83	30,50	1,27	0,55	Franco Argiloso
20-40	374,9	158,3	466,8	55,00	31,33	1,28	0,51	Argila

[1]CC – Capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente; P, K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L^{-1}; Al: KCl 1 mol L^{-1}; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O - Matéria Orgânica; pH - em $CaCl_2$; CTC - Capacidade de troca de cátions; V - Saturação da CTC por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio (Sousa; Lobato, 2004).

A Tabela 2 apresenta as características químicas da vinhaça, detalhando os seguintes elementos e compostos presentes.

Tabela 2. Características químicas da vinhaça.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	SO_4	Matéria orgânica	Cu	Zn	Mn	Fe
----------kg m^{-3}----------							----------g m^{-3}----------			
0,30	0,12	4,63	0,50	0,34	1,45	19,60	6,00	2,00	3,50	7,50

Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. As parcelas experimentais, foram constituídas 6 m × 2 m, cada parcela contendo quatro linhas de feijão no espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de plantio com 12 a 15 sementes por metro, de modo a obter um estande final segundo recomendado para a cultivar. Sendo as duas linhas de feijão externas da parcela considerada bordadura.

Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. As linhas laterais tiveram 6 m de comprimento, mantendo-se o espaçamento entre gotejadores original, com o intuito de não modificar as reais condições de fabricação.

Foi realizado o teste de uniformidade em campo manualmente e de maneira automática para aferição dos dados. Foi avaliado em campo a vazão dos gotejadores seguindo-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), em que é medida a vazão de quatro gotejadores por linha lateral em cada uma das quatro linhas laterais, totalizando 16 gotejadores monitorados em cada uma das parcelas.

À entrada das linhas laterais foi instalada uma tomada de pressão, permitindo que a cada medição de vazão a pressão seja checada e, se necessário, ajustada àquela pré-estabelecida (100 kPa). Para a medição da pressão de serviço, à entrada da linha de emissores, foi utilizado um manômetro de Bourdon com faixa de leitura de 0 – 10 kgf cm^{-2}.

O procedimento para leitura de vazão dos gotejadores consistiu na pressurização do sistema (100 kPa), posicionamento de recipientes (1 L) sob os respectivos dispositivos conectados aos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, retirada sequencial dos recipientes após 5 minutos com defasagem de 5 segundos, medição do volume coletado e tabulação dos dados.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos do coeficiente de uniformidade de Hart (CUH), conforme a equação 1:

$$CUH = 100\left\{1 - \sqrt{\frac{2}{\pi}\left(\frac{S}{\overline{X}}\right)}\right\} \quad (1)$$

em que:

CUH - coeficiente de uniformidade de Hart, em %;

$\overline{X}$ - vazão média dos gotejadores, em L h^{-1};

S = desvio-padrão dos dados de vazão, em L h^{-1}.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p<0,05$), e em casos de significância, foi realizado o teste de média Tukey ($p<0,05$) para o fator fertirrigação, sistema de irrigação e condições dos gotejadores, utilizando o software estatístico R® (R Core Team, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de uniformidade de Hart (CUH) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,64 e 2,45% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com e sem automação, respectivamente (Figura 1A).

O CUH do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 4,74 e 5,16% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com e sem automação respectivamente (Figura 1B).

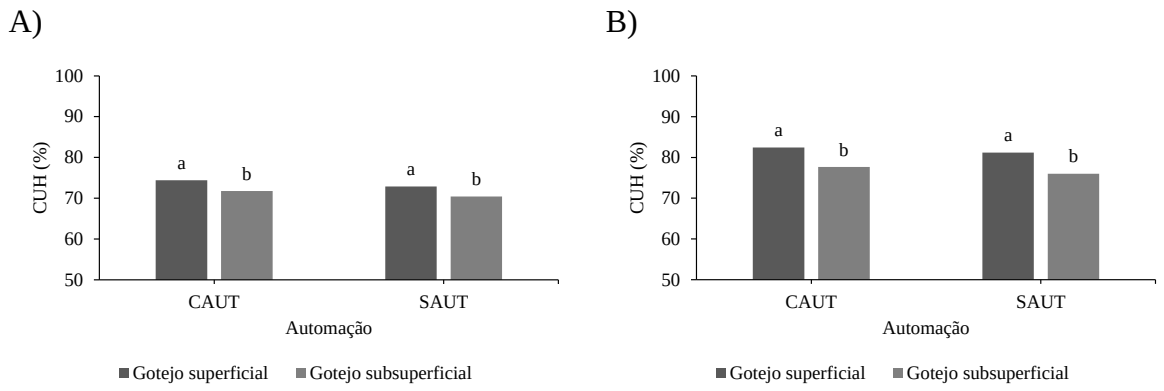


Figura 1. Coeficiente de uniformidade de Hart (CUH) em função do sistema de irrigação com (CAUT) e sem automação (SAUT) com gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

O Coeficiente de uniformidade de Hart (CUH) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 1,53 e 1,34% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 2A).

A necessidade de conservação dos recursos hídricos e da diminuição dos custos de produção, principalmente de energia e de insumos, devem, ser realizado por meio dos sistemas de irrigação e manejo, visando proporcionar aplicação de água uniforme e eficiente (Rezende et al., 2002).

O CUH do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 1,25 e 1,67% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 2B).

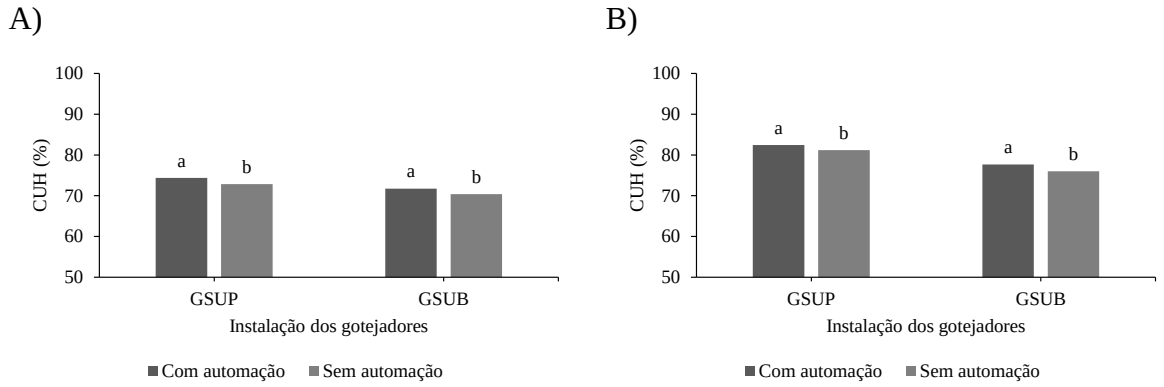


Figura 2. Coeficiente de uniformidade de Hart (CUH) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com sistema de irrigação com e sem automação, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

Zhou et al. (2017) afirmaram que o entupimento dos emissores pela presença de material orgânico e partículas de solo é uma das barreiras ao desenvolvimento da irrigação por gotejamento, principalmente quando se utiliza resíduos líquidos como a vinhaça.

O Coeficiente de uniformidade de Hart (CUH) do sistema de irrigação com automação, apresentou uma diferença de 8,04 e 5,94% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3A).

O CUH do sistema de irrigação sem automação, apresentou uma diferença de 8,32 e 5,61% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3B).

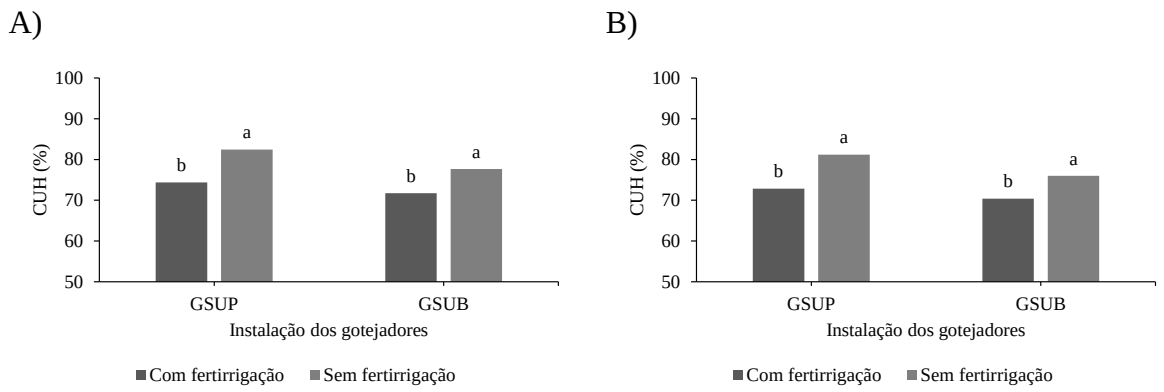


Figura 3. Coeficiente de uniformidade de Hart (CUH) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com e sem fertirrigação com vinhaça, para o sistema de irrigação com (A) e sem automação (B).

CONCLUSÕES

O coeficiente de uniformidade de Hart do sistema de irrigação localizada, apresentou uma diferença de até 8,32% entre com e sem fertirrigação com vinhaça.

O coeficiente de uniformidade de Hart do sistema de irrigação localizada por gotejamento, apresentou uma diferença de até 1,67% entre o sistema de irrigação com e sem automação.

O coeficiente de uniformidade de Hart do sistema de irrigação, apresentou uma diferença de até 5,16% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. (8a ed.), UFV, p.236, 2006.

JÚNIOR, M. V.; ROCHA, J. P. A.; DEMONTIÊZO, F. L. L.; LIMA, L. S. S.; CARVALHO, C. M. C.; CARVALHO, L. L. S. Análise comparativa de metodologia de coleta de dados para avaliação de sistemas de irrigação localizada. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, 10(5), 965-975, 2016.

KELLER, J.; KARMELI D. Trickle irrigation design. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

MANTOVANI, E. C. A irrigação do cafeeiro. In: Irrigação & tecnologia moderna. Brasília: ABID, v. 48, p.45-49, 2000.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

REZENDE, R.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L.; FRIZZONE, J. A.; TORMENA, C. A.; BERTONHA, A. Influência da aplicação de água na uniformidade da umidade no perfil do solo. Acta Scientiarum, Maringá-PR, v. 24, n. 5, p. 1553-1559. 2002.

RODRIGUES, R. R.; COLA, M. P. A.; NAZÁRIO, A. A.; AZEVEDO, J. M. G.; REIS, E. F. Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. Ambiência, Guarapuava-PR, v. 9, n. 2, p. 323-334. 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. 3.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. (Eds). 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa-CPA, 416 p., 2004.

ZHOU, B.; WANG, T.; LI, Y.; BRALTS, V. Effects of microbial community variation on bio-clogging in drip irrigation emitters using reclaimed water. Agricultural Water Management, 194, 139–149, 2017.

Capítulo 10

10.37423/250309805

EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO COM GOTEJADORES EM CONDIÇÕES SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL

Fernando Nobre Cunha — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Gabriela Nobre Cunha — *Universidade Evangélica de Goiás*

Marconi Batista Teixeira — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Wilker Alves Morais — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Héctor Alexis Miranda — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Edson Cabral da Silva — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Fernando Rodrigues Cabral Filho — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Resumo: O objetivo desse estudo foi avaliar a eficiência de aplicação de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio. Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. Depois de tabulados os dados de vazão, foram determinados a eficiência padrão da HSPA (UDH). A eficiência padrão da HSPA do sistema de irrigação localizada, apresentou uma diferença de até 7,65% entre com e sem fertirrigação com vinhaça.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, diagnóstico, vinhoto, monitoramento, fertirrigação.

INTRODUÇÃO

A irrigação por gotejamento é preferida devido às suas superioridades sobre outros métodos no que diz respeito ao rendimento, uniformidade, eficiência, economia de água e a possibilidade de aplicação de produtos via água de irrigação, em geral pode-se verificar uma economia de água de 30 a 60% com o método de irrigação por gotejamento em comparação com a irrigação por superfície e por aspersão (Baştuğ; Uzun; Hakgören et al., 1998; Mohammed, 2018).

No que se refere a fertirrigação de produtos como a vinhaça usada nas culturas, essa nem sempre é tratada de forma adequada e técnica, considerando a quantidade, qualidade e tempo necessários para cada irrigação e por vezes a uniformidade de aplicação do sistema é baixa, assim os sistemas de irrigação por gotejamento são uma alternativa eficiente para utilização dessa prática, pois irrigam apenas uma parte da superfície do solo, diretamente na região das raízes e com baixas quantidades de água, além disso esses sistemas têm baixa vazão com alta frequência, mantendo o solo sempre próximo da capacidade de campo (Bernardo et al., 2006; Bebé et al., 2009).

O objetivo desse estudo foi avaliar a eficiência de aplicação de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido pela parceria entre MKT Ltda e IF Goiano, em uma área destinada a experimentação no município de Rio Verde – GO. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical). A temperatura média anual é de 23,8°C. A precipitação pluvial média anual varia entre 1430 e 1650 mm e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

O sistema IoT monitora os parâmetros de funcionamento do sistema de irrigação e avalia o seu desempenho comparando os valores obtidos com os intervalos aceitáveis, disponibilizando tais dados por meio de indicadores; basicamente o sistema por meio de sensores detecta a qualidade da água de irrigação, realiza a avaliação da uniformidade de aplicação de água e a identificação de entupimentos parciais e totais. Para uma melhor avaliação do diagnóstico de sistemas de irrigação utilizando tecnologias de internet das coisas (IoT), foi realizado o teste do produto em campo.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, sendo típico, de textura média, fase cerrado (SANTOS et

al., 2018). As características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural do solo da área experimental

Prof	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC	V
Cm	H_2O	g kg^{-1}	mg dm^{-3}	----------mmol dm^{-3}----------							%
0-20	6,2	63,4	7,1	2,0	20,4	16,8	0	57,8	41,8	99,5	41,9
20-40	6,6	44,5	2,7	4,1	14,4	13,2	0	44,6	31,7	76,2	41,6

Prof	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cm	----------mg dm^{-3}----------				
0-20	0,17	4,10	35,85	18,80	1,45
20-40	0,16	2,85	35,80	16,10	1,35

Prof	Granulometria			θ_{CC}	θ_{PMP}	Ds	PT	Classif. Textural
Cm	g kg^{-1}			---m^3 m^{-3}---		g cm^{-3}	cm^3 cm^{-3}	-
0-20	458,3	150,2	391,5	51,83	30,50	1,27	0,55	Franco Argiloso
20-40	374,9	158,3	466,8	55,00	31,33	1,28	0,51	Argila

[1]CC – Capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente; P, K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L^{-1}; Al: KCl 1 mol L^{-1}; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O - Matéria Orgânica; pH - em $CaCl_2$; CTC - Capacidade de troca de cátions; V - Saturação da CTC por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio (Sousa; Lobato, 2004).

A Tabela 2 apresenta as características químicas da vinhaça, detalhando os seguintes elementos e compostos presentes.

Tabela 2. Características químicas da vinhaça.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	SO_4	Matéria orgânica	Cu	Zn	Mn	Fe
----------kg m^{-3}----------							----------g m^{-3}----------			
0,30	0,12	4,63	0,50	0,34	1,45	19,60	6,00	2,00	3,50	7,50

Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. As parcelas experimentais, foram constituídas 6 m × 2 m, cada parcela contendo quatro linhas de feijão no espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de plantio com 12 a 15 sementes por metro, de modo a obter um estande final segundo recomendado para a cultivar. Sendo as duas linhas de feijão externas da parcela considerada bordadura.

Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. As linhas laterais tiveram 6 m de comprimento, mantendo-se o espaçamento entre gotejadores original, com o intuito de não modificar as reais condições de fabricação.

Foi realizado o teste de uniformidade em campo manualmente e de maneira automática para aferição dos dados. Foi avaliado em campo a vazão dos gotejadores seguindo-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), em que é medida a vazão de quatro gotejadores por linha lateral em cada uma das quatro linhas laterais, totalizando 16 gotejadores monitorados em cada uma das parcelas.

À entrada das linhas laterais foi instalada uma tomada de pressão, permitindo que a cada medição de vazão a pressão seja checada e, se necessário, ajustada àquela pré-estabelecida (100 kPa). Para a medição da pressão de serviço, à entrada da linha de emissores, foi utilizado um manômetro de Bourdon com faixa de leitura de 0 – 10 kgf cm^{-2}.

O procedimento para leitura de vazão dos gotejadores consistiu na pressurização do sistema (100 kPa), posicionamento de recipientes (1 L) sob os respectivos dispositivos conectados aos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, retirada sequencial dos recipientes após 5 minutos com defasagem de 5 segundos, medição do volume coletado e tabulação dos dados.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos da eficiência padrão da HSPA (UDH), conforme a equação 1:

$$UDH = 100\left(1 - 1{,}27\frac{S}{\overline{X}}\right) \quad (1)$$

em que:

UDH - eficiência padrão da HSPA, em %;

$\overline{X}$ - vazão média dos gotejadores, em L h^{-1};

S - desvio-padrão dos dados de vazão, em L h^{-1}.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p<0,05$), e em casos de significância, foi realizado o teste de média Tukey ($p<0,05$) para o fator fertirrigação, sistema de irrigação e condições dos gotejadores, utilizando o software estatístico R® (R Core Team, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eficiência padrão da HSPA (UDH) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,83 e 2,76% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com e sem automação, respectivamente (Figura 1A).

A UDH do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 3,76 e 4,41% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com e sem automação respectivamente (Figura 1B).

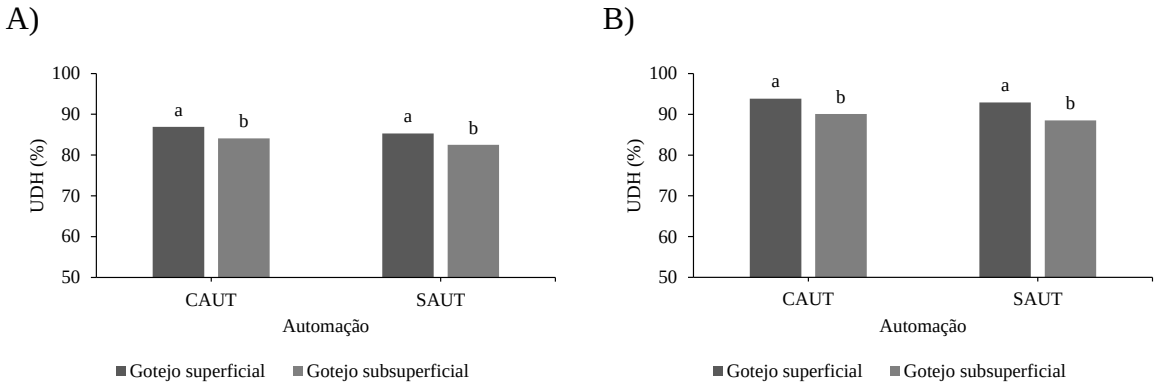


Figura 1. Eficiência padrão da HSPA (UDH) em função do sistema de irrigação com (CAUT) e sem automação (SAUT) com gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

O uso de sistemas de irrigação com elevada eficiência de aplicação, possibilita melhor eficácia das práticas de fertirrigação e aplicação de defensivos (Nascimento; Feitosa; Soares, 2017).

A Eficiência padrão da HSPA (UDH) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 1,61 e 1,54% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 2A).

A UDH do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, não apresentou diferença significativa entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição superficial (Figura 2B).

A UDH do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 1,54% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição subsuperficial (Figura 2B).

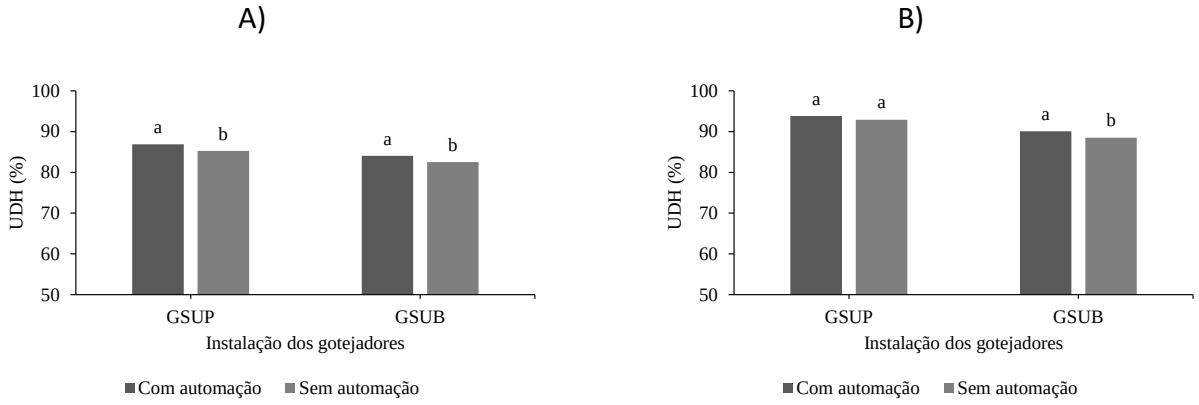


Figura 2. Eficiência padrão da HSPA (UDH) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com sistema de irrigação com e sem automação, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

A Eficiência padrão da HSPA (UDH) do sistema de irrigação com automação, apresentou uma diferença de 6,93 e 6,00% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3A). Cunha et al. (2014) verificaram que a uniformidade de aplicação de água obtida tanto na presença quanto na ausência de fertirrigação é considerada como boa, assim pode-se dizer que de maneira geral o sistema de irrigação está funcionando adequadamente mesmo sob fertirrigação.

A UDH do sistema de irrigação sem automação, apresentou uma diferença de 7,65 e 5,99% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3B).

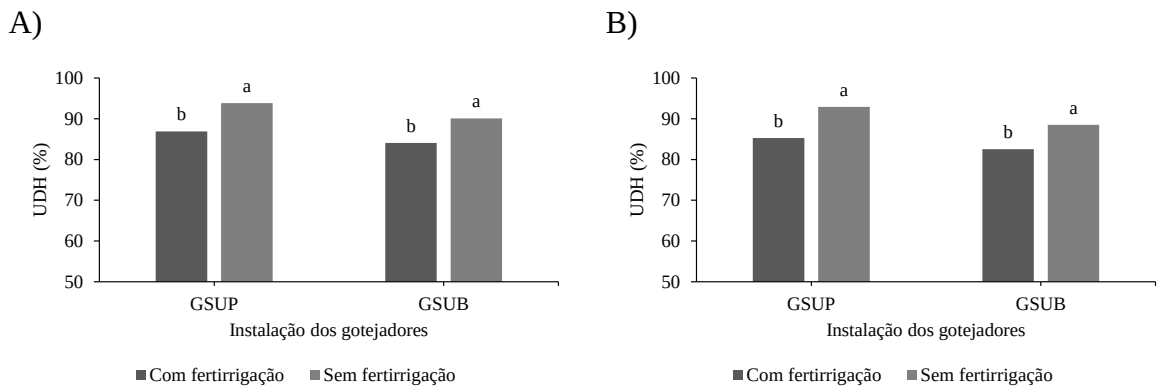


Figura 3. Eficiência padrão da HSPA (UDH) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com e sem fertirrigação com vinhaça, para o sistema de irrigação com (A) e sem automação (B).

CONCLUSÕES

A eficiência padrão da HSPA do sistema de irrigação localizada, apresentou uma diferença de até 7,65% entre com e sem fertirrigação com vinhaça.

O UDH do sistema de irrigação localizada por gotejamento, apresentou uma diferença de até 1,54% entre o sistema de irrigação com e sem automação.

O UDH do sistema de irrigação, apresentou uma diferença de até 4,41% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAŞTUĞ, R.; UZUN, İ.; HAKGÖREN, F. Effects of different irrigation methods on yield, quality and water usage in vines in Antalya conditions. Akdeniz University, Journal of Agriculture Faculty 11(1): 81-89, 1998.

BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 13(6), 781–787, 2009.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 9ª Edição, Editora UFV, p.545, 2019.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; MELO, S. R. P. Uniformidade de aplicação de fertilizantes sob um sistema de gotejamento subsuperficial. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 8, p. 391-402, 2014.

KELLER, J.; KARMELI D. Trickle irrigation design. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

MOHAMMED, M. M. Z. Evaluation of Drip Irrigation Method Used for Irrigation of Cherry Gardens in Konya-Akşehir District. Selçuk Uni. Graduate School of Natural Scıences, Department of Agriculture Structure and Irrigation. M.Sc Thesis, p.44, 2018.

NASCIMENTO, V. F.; FEITOSA, E. O.; SOARES, J. I. Uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por aspersão via pivô central. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia, v. 4, n. 4, p. 65-69, dez. 2017.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. 3.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. (Eds). 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa-CPA, 416 p., 2004.

Capítulo 11

10.37423/250309806

VARIAÇÃO DE VAZÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO SOB A FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA EM LATOSSOLO DE CERRADO

Fernando Nobre Cunha — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Gabriela Nobre Cunha — *Universidade Evangélica de Goiás*

Marconi Batista Teixeira — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Wilker Alves Morais — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Fernando Rodrigues Cabral Filho — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Edson Cabral da Silva — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Héctor Alexis Miranda — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Resumo: O objetivo desse estudo foi avaliar a variação de vazão de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio. Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. Depois de tabulados os dados de vazão, foram determinados o coeficiente de variação de vazão (CV). O coeficiente de variação de vazão do sistema de irrigação, apresentou uma diferença de até 3,50% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, uniformidade, vinhoto, monitoramento, emissores.

INTRODUÇÃO

O funcionamento adequado do sistema de irrigação consiste na manutenção da produtividade e rentabilidade em sistemas de produção agrícola irrigados, visto que a uniformidade de aplicação de água tem efeito no rendimento das culturas sendo considerado um dos fatores mais importantes no dimensionamento e na operação de sistemas de irrigação (Nascimento; Feitosa; Soares, 2017).

Em um sistema de irrigação por gotejamento, a uniformidade de aplicação de água está relacionada a fatores hidráulicos e à qualidade dos gotejadores. Com relação à qualidade dos gotejadores, um coeficiente de variação de fabricação baixo, a variação das características do gotejador devido à temperatura, problemas com entupimento e tempo de uso são os fatores que mais afetam a uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento (López et al., 1992; Bernardo, 1995; Cunha et al., 2023). Por isso, torna-se necessário a determinação da uniformidade de aplicação em qualquer sistema de irrigação (Rodrigues et al., 2013).

O objetivo desse estudo foi avaliar a variação de vazão de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido pela parceria entre MKT Ltda e IF Goiano, em uma área destinada a experimentação no município de Rio Verde – GO. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical). A temperatura média anual é de 23,8°C. A precipitação pluvial média anual varia entre 1430 e 1650 mm e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

O sistema IoT monitora os parâmetros de funcionamento do sistema de irrigação e avalia o seu desempenho comparando os valores obtidos com os intervalos aceitáveis, disponibilizando tais dados por meio de indicadores; basicamente o sistema por meio de sensores detecta a qualidade da água de irrigação, realiza a avaliação da uniformidade de aplicação de água e a identificação de entupimentos parciais e totais. Para uma melhor avaliação do diagnóstico de sistemas de irrigação utilizando tecnologias de internet das coisas (IoT), foi realizado o teste do produto em campo.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, sendo típico, de textura média, fase cerrado (SANTOS et

al., 2018). As características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural do solo da área experimental

Prof	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC	V
Cm	H_2O	g kg^{-1}	mg dm^{-3}	----------mmol dm^{-3}----------							%
0-20	6,2	63,4	7,1	2,0	20,4	16,8	0	57,8	41,8	99,5	41,9
20-40	6,6	44,5	2,7	4,1	14,4	13,2	0	44,6	31,7	76,2	41,6

Prof	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cm	----------mg dm^{-3}----------				
0-20	0,17	4,10	35,85	18,80	1,45
20-40	0,16	2,85	35,80	16,10	1,35

Prof	Granulometria			θ_{CC}	θ_{PMP}	Ds	PT	Classif. Textural
Cm	g kg^{-1}			---m^3 m^{-3}---		g cm^{-3}	cm^3 cm^{-3}	-
0-20	458,3	150,2	391,5	51,83	30,50	1,27	0,55	Franco Argiloso
20-40	374,9	158,3	466,8	55,00	31,33	1,28	0,51	Argila

[1]CC – Capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente; P, K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L^{-1}; Al: KCl 1 mol L^{-1}; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O - Matéria Orgânica; pH - em $CaCl_2$; CTC - Capacidade de troca de cátions; V - Saturação da CTC por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio (Sousa; Lobato, 2004).

A Tabela 2 apresenta as características químicas da vinhaça, detalhando os seguintes elementos e compostos presentes.

Tabela 2. Características químicas da vinhaça.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	SO_4	Matéria orgânica	Cu	Zn	Mn	Fe
----------kg m^{-3}----------							----------g m^{-3}----------			
0,30	0,12	4,63	0,50	0,34	1,45	19,60	6,00	2,00	3,50	7,50

Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. As parcelas experimentais, foram constituídas 6 m × 2 m, cada parcela contendo quatro linhas de feijão no espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de plantio com 12 a 15 sementes por metro, de modo a obter um estande final segundo recomendado para a cultivar. Sendo as duas linhas de feijão externas da parcela considerada bordadura.

Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. As linhas laterais tiveram 6 m de comprimento, mantendo-se o espaçamento entre gotejadores original, com o intuito de não modificar as reais condições de fabricação.

Foi realizado o teste de uniformidade em campo manualmente e de maneira automática para aferição dos dados. Foi avaliado em campo a vazão dos gotejadores seguindo-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), em que é medida a vazão de quatro gotejadores por linha lateral em cada uma das quatro linhas laterais, totalizando 16 gotejadores monitorados em cada uma das parcelas.

À entrada das linhas laterais foi instalada uma tomada de pressão, permitindo que a cada medição de vazão a pressão seja checada e, se necessário, ajustada àquela pré-estabelecida (100 kPa). Para a medição da pressão de serviço, à entrada da linha de emissores, foi utilizado um manômetro de Bourdon com faixa de leitura de 0 – 10 kgf cm^{-2}.

O procedimento para leitura de vazão dos gotejadores consistiu na pressurização do sistema (100 kPa), posicionamento de recipientes (1 L) sob os respectivos dispositivos conectados aos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, retirada sequencial dos recipientes após 5 minutos com defasagem de 5 segundos, medição do volume coletado e tabulação dos dados.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos do coeficiente de variação de vazão (CV), conforme a equação 1:

$$CV = \frac{S}{\overline{X}} 100 \quad (1)$$

em que:

CV - coeficiente de variação de vazão, em %;

$\overline{X}$ - vazão média dos gotejadores, em L h^{-1};

S – desvio padrão da vazão dos gotejadores usados, L h^{-1}.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p<0,05$), e em casos de significância, foi realizado o teste de média Tukey ($p<0,05$) para o fator fertirrigação, sistema de irrigação e condições dos gotejadores, utilizando o software estatístico R® (R Core Team, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de variação de vazão (CV) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,23 e 2,18% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com e sem automação, respectivamente (Figura 1A).

O CV do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,96 e 3,48% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com e sem automação respectivamente (Figura 1B).

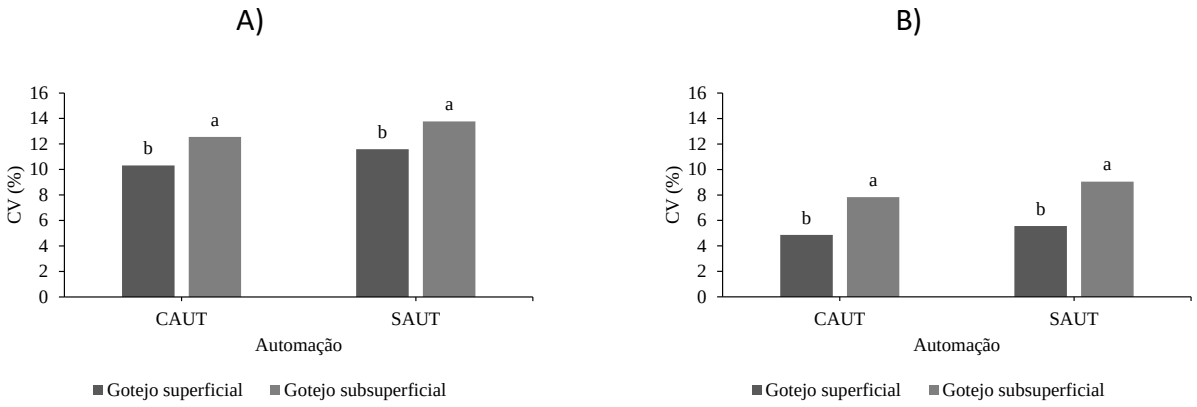


Figura 1. Coeficiente de variação de vazão (CV) em função do sistema de irrigação com (CAUT) e sem automação (SAUT) com gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

Os coeficientes de variação (CV) são considerados baixos quando são menores que 10%, e médios quando são encontrados entre 10% e 20%, altos entre 20% e 30% e os muito altos quando maiores que 30% (Gomes, 2009).

O Coeficiente de variação de vazão (CV) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 1,27 e 1,22% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 2A).

O CV do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, não apresentou diferença significativa entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição superficial (Figura 2B).

O CV do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 1,22% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição subsuperficial (Figura 2B).

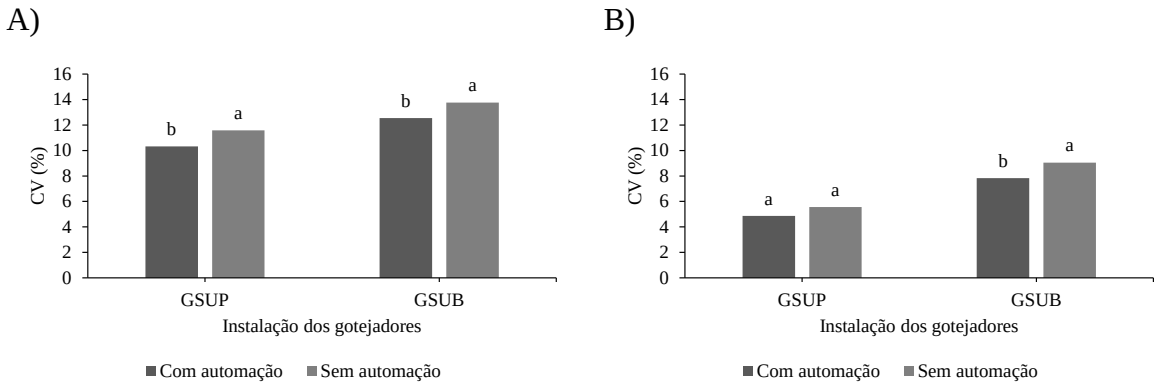


Figura 2. Coeficiente de variação de vazão (CV) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com sistema de irrigação com e sem automação, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

A avaliação mais constante do sistema de irrigação evita que haja problemas com subestimação ou superestimação do valor médio da vazão, da variação (CV) e da uniformidade de aplicação, garantindo um conhecimento mais profundo do sistema, reduzindo desperdícios e gastos (Cunha et al., 2013; Cunha et al., 2014).

O Coeficiente de variação de vazão (CV) do sistema de irrigação com automação, apresentou uma diferença de 5,45 e 4,72% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3A).

O CV do sistema de irrigação sem automação, apresentou uma diferença de 6,02 e 4,72% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3B).

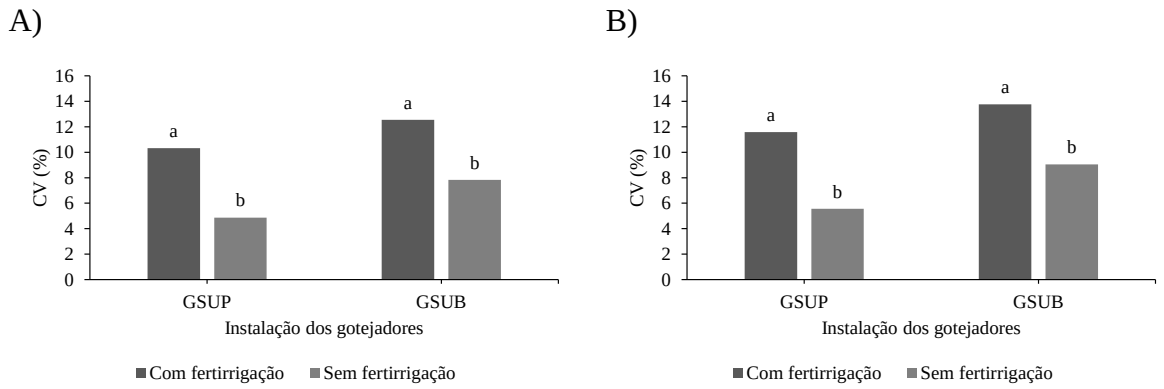


Figura 3. Coeficiente de variação de vazão (CV) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com e sem fertirrigação com vinhaça, para o sistema de irrigação com (A) e sem automação (B).

CONCLUSÕES

O coeficiente de variação de vazão do sistema de irrigação, apresentou uma diferença de até 3,50% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial.

O coeficiente de variação de vazão do sistema de irrigação localizada por gotejamento, apresentou uma diferença de até 1,30% entre o sistema de irrigação com e sem automação.

A variação de vazão do sistema de irrigação localizada, apresentou uma diferença de até 6,00% entre com e sem fertirrigação com vinhaça.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S. Manual de Irrigação. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 596 p.

CUNHA, F. N.; CUNHA, G. N.; TEIXEIRA, M. B.; MORAIS, W. A.; SILVA, N. F.; CAVALCANTE, W. S. S. Entupimento de emissores sob aplicação de diferentes fontes de nitrogênio. IRRIGA, [S. l.], v. 28, n. 4, p. 683–699, 2023.

CUNHA, F. N.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, N. F.; MOURA, L. M. F.; TEIXEIRA, M. B.; GOMES FILHO, R. R. Variabilidade temporal da uniformidade de distribuição em sistema de gotejamento. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 7, n. 4, p. 248-257, 2013.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; SANTOS, C. C. Coeficientes de uniformidade em sistema de irrigação por gotejamento. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 8, p. 444-454, 2014.

GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 15 th ed. FEALQ, Piracicaba, p.451, 2009.

KELLER, J.; KARMELI D. Trickle irrigation design. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LÓPEZ, J. R., ABREU, J. M. H., REGALADO, A. P., HERNÁNDEZ, J. F. G. Riego Localizado. Madrid, España: Mundi - Prensa, 1992. 405 p.

NASCIMENTO, V. F.; FEITOSA, E. O.; SOARES, J. I. Uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por aspersão via pivô central. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 4, n. 4, p. 65-69, dez. 2017.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

RODRIGUES, R. R.; COLA, M. P. A.; NAZÁRIO, A. A.; AZEVEDO, J. M. G.; REIS, E. F. Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. Ambiência Guarapuava (PR) v.9 n.2 p. 323 - 334 Maio/Ago. 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. 3.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. (Eds). 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa-CPA, 416 p., 2004.

Capítulo 12

10.37423/250309807

DISTÚRBIOS DE VAZÃO DE UMA IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL SOB APLICAÇÃO DE VINHAÇA

Fernando Nobre Cunha — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Gabriela Nobre Cunha — *Universidade Evangélica de Goiás*

Marconi Batista Teixeira — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Wilker Alves Morais — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Fernando Rodrigues Cabral Filho — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Edson Cabral da Silva — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Héctor Alexis Miranda — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Resumo: O objetivo desse estudo foi avaliar os distúrbios de vazão de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio. Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. Depois de tabulados os dados de vazão, foi determinada a vazão relativa (Qr). A vazão relativa do sistema de irrigação localizada por gotejamento, apresentou uma diferença de até 2,67% entre o sistema de irrigação com e sem automação.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, uniformidade, vinhoto, monitoramento, gotejadores.

INTRODUÇÃO

A mudança no desempenho do emissor pode ocorrer devido a fatores como o nível de entupimento devido à água de irrigação, mudanças na temperatura da água de irrigação e desgaste nos emissores ao longo do tempo, da mesma forma, muitos fatores como pressão operacional, química e temperatura da água, levam a alterações na vazão afetando a uniformidade de distribuição de água (Çamoğlu; Yavuz, 2004).

A alteração na vazão tem como seu pior efeito o entupimento dos emissores, isso se deve pelos pequenos orifícios de passagem da água nos mesmos, ocorrendo com maior contundência na irrigação por gotejamento subsuperficial, ocasionando desuniformidade do sistema e variação da eficiência da irrigação, in (Barros et al. 2009; Busato; Soares, 2010).

Idealmente, todos os emissores em um sistema de irrigação por gotejamento deveriam apresentar taxas de fluxo iguais, entretanto na prática isso não ocorre principalmente devido a ocorrência de obstrução desses emissores, portanto os parâmetros de uniformidade são os critérios principais e básicos para projetar um sistema de irrigação por gotejamento eficiente (Özekici; Bozkurt, 1996; Elamin et al., 2017).

O objetivo desse estudo foi avaliar os distúrbios de vazão de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido pela parceria entre MKT Ltda e IF Goiano, em uma área destinada a experimentação no município de Rio Verde – GO. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical). A temperatura média anual é de 23,8°C. A precipitação pluvial média anual varia entre 1430 e 1650 mm e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

O sistema IoT monitora os parâmetros de funcionamento do sistema de irrigação e avalia o seu desempenho comparando os valores obtidos com os intervalos aceitáveis, disponibilizando tais dados por meio de indicadores; basicamente o sistema por meio de sensores detecta a qualidade da água de irrigação, realiza a avaliação da uniformidade de aplicação de água e a identificação de entupimentos parciais e totais. Para uma melhor avaliação do diagnóstico de sistemas de irrigação utilizando tecnologias de internet das coisas (IoT), foi realizado o teste do produto em campo.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, sendo típico, de textura média, fase cerrado (SANTOS et al., 2018). As características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural do solo da área experimental

Prof	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC	V
Cm	H_2O	g kg^{-1}	mg dm^{-3}	----------mmol dm^{-3}----------							%
0-20	6,2	63,4	7,1	2,0	20,4	16,8	0	57,8	41,8	99,5	41,9
20-40	6,6	44,5	2,7	4,1	14,4	13,2	0	44,6	31,7	76,2	41,6

Prof	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cm	----------mg dm^{-3}----------				
0-20	0,17	4,10	35,85	18,80	1,45
20-40	0,16	2,85	35,80	16,10	1,35

Prof	Granulometria			θ_{CC}	θ_{PMP}	Ds	PT	Classif. Textural
Cm	g kg^{-1}			---m^3 m^{-3}---		g cm^{-3}	cm^3 cm^{-3}	-
0-20	458,3	150,2	391,5	51,83	30,50	1,27	0,55	Franco Argiloso
20-40	374,9	158,3	466,8	55,00	31,33	1,28	0,51	Argila

[1]CC – Capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente; P, K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L^{-1}; Al: KCl 1 mol L^{-1}; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O - Matéria Orgânica; pH - em $CaCl_2$; CTC - Capacidade de troca de cátions; V - Saturação da CTC por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio (Sousa; Lobato, 2004).

A Tabela 2 apresenta as características químicas da vinhaça, detalhando os seguintes elementos e compostos presentes.

Tabela 2. Características químicas da vinhaça.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	SO_4	Matéria orgânica	Cu	Zn	Mn	Fe
----------kg m^{-3}----------							----------g m^{-3}----------			
0,30	0,12	4,63	0,50	0,34	1,45	19,60	6,00	2,00	3,50	7,50

Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. As parcelas experimentais, foram constituídas 6 m × 2 m, cada parcela contendo quatro linhas de feijão no espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de plantio com 12 a 15 sementes por metro, de modo a obter um estande final segundo recomendado para a cultivar. Sendo as duas linhas de feijão externas da parcela considerada bordadura.

Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. As linhas laterais tiveram 6 m de comprimento, mantendo-se o espaçamento entre gotejadores original, com o intuito de não modificar as reais condições de fabricação.

Foi realizado o teste de uniformidade em campo manualmente e de maneira automática para aferição dos dados. Foi avaliado em campo a vazão dos gotejadores seguindo-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), em que é medida a vazão de quatro gotejadores por linha lateral em cada uma das quatro linhas laterais, totalizando 16 gotejadores monitorados em cada uma das parcelas.

À entrada das linhas laterais foi instalada uma tomada de pressão, permitindo que a cada medição de vazão a pressão seja checada e, se necessário, ajustada àquela pré-estabelecida (100 kPa). Para a medição da pressão de serviço, à entrada da linha de emissores, foi utilizado um manômetro de Bourdon com faixa de leitura de 0 – 10 kgf cm^{-2}.

O procedimento para leitura de vazão dos gotejadores consistiu na pressurização do sistema (100 kPa), posicionamento de recipientes (1 L) sob os respectivos dispositivos conectados aos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, retirada sequencial dos recipientes após 5 minutos com defasagem de 5 segundos, medição do volume coletado e tabulação dos dados.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos da vazão relativa (Q_r), conforme a equação 1:

$$Q_r = \frac{Q_{x,y}}{Q_i} \quad (1)$$

em que:

Q_r – vazão relativa, %;

$Q_{x,y}$ – vazão de um emissor x num dia y de irrigação, L h^{-1};

Q_i – vazão desse emissor no primeiro dia de irrigação, L h^{-1}.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F (*p<0,05*), e em casos de significância, foi realizado o teste de média Tukey (*p<0,05*) para o fator fertirrigação, sistema de irrigação e condições dos gotejadores, utilizando o software estatístico R® (R Core Team, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Vazão relativa (Qr) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, não apresentou diferença significativa entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para o sistema com e sem automação (Figura 1A).

A Qr do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 4,33 e 4,64% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com e sem automação respectivamente (Figura 1B).

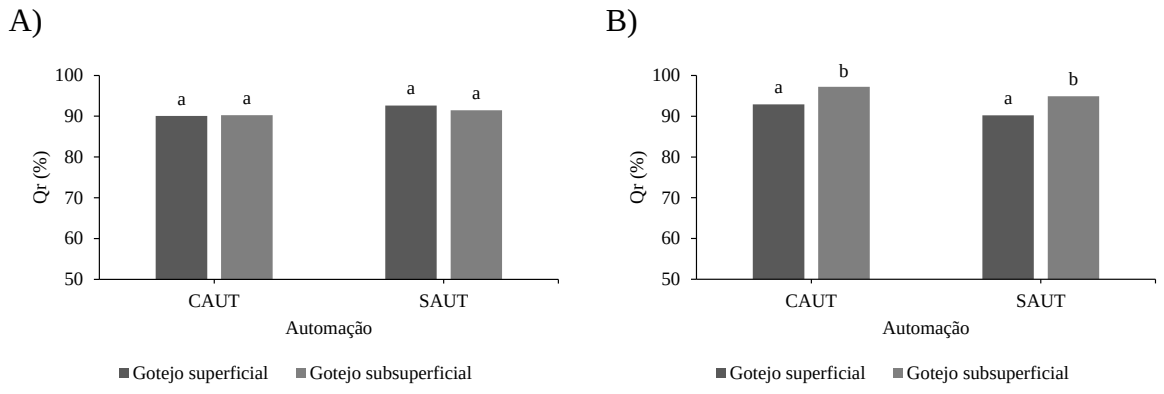


Figura 1. Vazão relativa (Qr) em função do sistema de irrigação com (CAUT) e sem automação (SAUT) com gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

As oscilações na vazão relativa correspondem às oscilações do grau de entupimento, de forma que a obstruções aleatória dos emissores reflete diretamente na redução de vazão de gotejadores (Costa, 2000; Cunha et al., 2019).

A Vazão relativa (Qr) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,58% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição superficial (Figura 2A).

A Qr do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, não apresentou diferença significativa entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição subsuperficial (Figura 2A).

A Qr do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,67 e 2,36% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 2B).

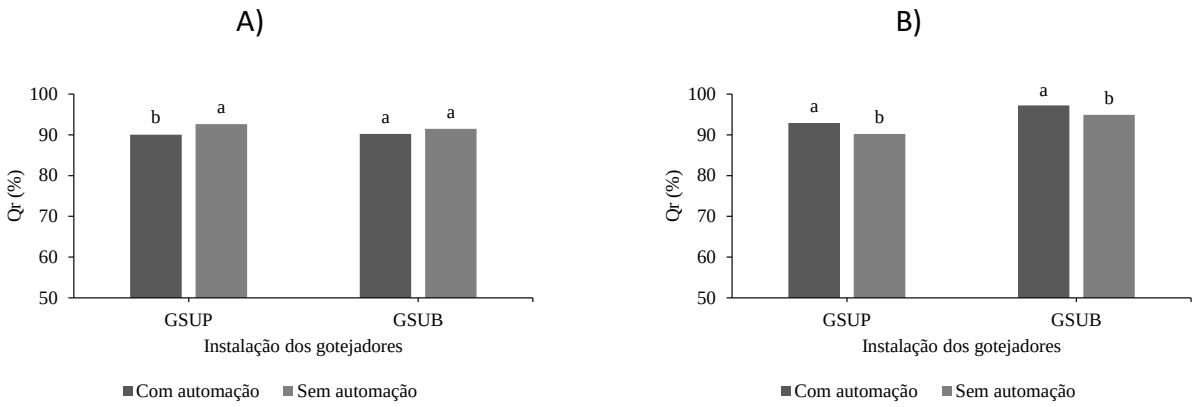


Figura 2. Vazão relativa (Qr) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com sistema de irrigação com e sem automação, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

É muito importante realizar a avaliação da vazão em sistemas de irrigação sob fertirrigação no maior número possível de gotejadores, pois em um sistema onde esteja ocorrendo o entupimento parcial ou total a chance de encontrá-los diminui com a redução da quantidade de números de pontos avaliados (Cunha et al., 2014).

A Vazão relativa (Qr) do sistema de irrigação com automação, não apresentou diferença significativa entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores na condição superficial (Figura 3A).

A Qr do sistema de irrigação com automação, apresentou uma diferença de 7,00% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores na condição subsuperficial (Figura 3A).

A Qr do sistema de irrigação sem automação, não apresentou diferença significativa entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores na condição superficial (Figura 3B).

A Qr do sistema de irrigação sem automação, apresentou uma diferença de 3,41% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores na condição subsuperficial (Figura 3B).

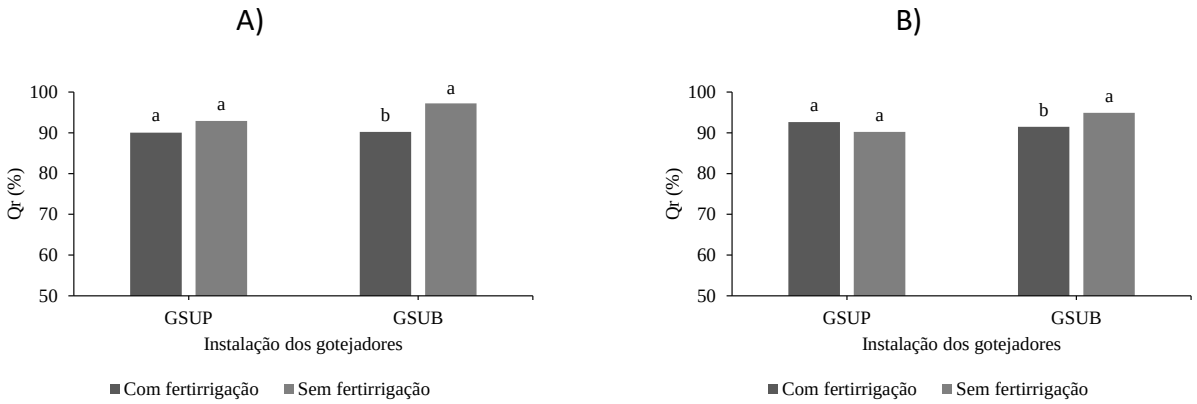


Figura 3. Vazão relativa (Qr) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com e sem fertirrigação com vinhaça, para o sistema de irrigação com (A) e sem automação (B).

CONCLUSÕES

A vazão relativa do sistema de irrigação, apresentou uma diferença de até 4,64% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial.

A vazão relativa do sistema de irrigação localizada por gotejamento, apresentou uma diferença de até 2,67% entre o sistema de irrigação com e sem automação.

A vazão relativa de Christiansen do sistema de irrigação localizada, apresentou uma diferença de até 7,00% entre com e sem fertirrigação com vinhaça.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, A. C.; COELHO, R. D.; MEDEIROS, P. R. F.; MELO, R. F.; BARBOZA JUNIOR, C. R. A.; DIAS, C. T. S. Entupimento de gotejadores em função da aplicação de superfosfato simples e ácido nítrico. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.29, n.1, p.62-71, 2009.

BUSATO, C. C. M.; SOARES. A. A. Desempenho de gotejadores, utilizando água de baixa qualidade química e biológica. Bioscience Journal, Uberlândia, v.26, n.5, p.739-746, 2010.

ÇAMOĞLU, G.; YAVUZ, M. Y. Comparison of domestic and foreign production drippers in terms of irrigation performance. Uludağ Uni. Journal of Agricultural Faculty 18(1):181-191, 2004.

COSTA, C.C. Estudo da susceptibilidade de tubos gotejadores ao entupimento por precipitados químicos de ferro. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, p.1-98, 2000.

CUNHA, F. N.; RODRIGUES, C. R.; Teixeira, M. B.; MORAES, G. S.; SILVA, I. O. F.; DIAS, J. H. R. Variação de vazão devido a fertirrigação com macro e micronutrientes em um sistema de irrigação por gotejamento. Revista brasileira de agricultura irrigada, v. 13, p. 3226-3235, 2019.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; RIBEIRO, P. H.; MOURA, L. M. F.; SANTOS, C. C. Repetibilidade de um sistema de irrigação por gotejamento sob entupimento. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.8, nº. 4, p.343 - 353, 2014.

ELAMIN, A. W. M.; ABD ELDAIAM, A. M.; ABDALLA, N. A.; HUSSAIN, M. E. Hydraulic performance of drip irrigation system under different emitter types, and operating pressures using treated wastewater at Khartoum state. International Journal of Development and Sustainability 6(9): 1086-1095, 2017.

KELLER, J.; KARMELI D. Trickle irrigation design. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

ÖZEKICI, B.; BOZKURT, S. Determination of Hydraulic Performance of in-line Drippers. Tr. J. of Agriculture and Forestry 23(1): 19-24, 1996.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. 3.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. (Eds). 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa-CPA, 416 p., 2004.

Capítulo 13

10.37423/250309808

GRAU DE ENTUPIMENTO DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA SUBMETIDO A FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA

Fernando Nobre Cunha — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Gabriela Nobre Cunha — *Universidade Evangélica de Goiás*

Marconi Batista Teixeira — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Wilker Alves Morais — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Edson Cabral da Silva — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Héctor Alexis Miranda — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Fernando Rodrigues Cabral Filho — *Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde*

Resumo: O objetivo desse estudo foi avaliar o grau de entupimento de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio. Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. Depois de tabulados os dados de vazão, foi determinado o grau de entupimento (GE). O grau de entupimento do sistema de irrigação localizada, apresentou uma diferença de até 7,01% entre com e sem fertirrigação com vinhaça.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, Latossolo Vermelho, vinhoto, uniformidade, vazão.

INTRODUÇÃO

O sistema de irrigação localizado por gotejamento, quando bem manejado apresenta alta eficiência de aplicação da vinhaça e menor risco de contaminação ambiental, devido a baixa probabilidade de ocorrência de lixiviação e de escoamento superficial, porém os emissores deste tipo de sistema apresentam grande suscetibilidade ao entupimento, devido à interação dos fatores químicos, físicos e biológicos existentes na vinhaça, como também as características de fábrica dos gotejadores, que também podem interferir no processo de entupimento (Rodrigues Filho et al., 2020).

O entupimento dos gotejadores prejudica o funcionamento geral dos sistemas de irrigação, afetando as operações e exigindo manutenção mais frequente; além disso, o entupimento geralmente causa mudanças significativas na uniformidade da aplicação de água; portanto, é essencial avaliar as condições operacionais dos sistemas de irrigação e definir parâmetros de desempenho, incluindo vazão, uniformidade de distribuição de água, grau de entupimento e eficiência de aplicação de água (Liu; Huang, 2009; Batista et al., 2013; Andrade et al., 2021).

O objetivo desse estudo foi avaliar o grau de entupimento de um sistema de irrigação automatizado sob fertirrigação com vinhaça, com gotejadores em condições superficial e subsuperficial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido pela parceria entre MKT Ltda e IF Goiano, em uma área destinada a experimentação no município de Rio Verde – GO. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical). A temperatura média anual é de 23,8°C. A precipitação pluvial média anual varia entre 1430 e 1650 mm e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

O sistema IoT monitora os parâmetros de funcionamento do sistema de irrigação e avalia o seu desempenho comparando os valores obtidos com os intervalos aceitáveis, disponibilizando tais dados por meio de indicadores; basicamente o sistema por meio de sensores detecta a qualidade da água de irrigação, realiza a avaliação da uniformidade de aplicação de água e a identificação de entupimentos parciais e totais. Para uma melhor avaliação do diagnóstico de sistemas de irrigação utilizando tecnologias de internet das coisas (IoT), foi realizado o teste do produto em campo.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, sendo típico, de textura média, fase cerrado (SANTOS et

al., 2018). As características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural do solo da área experimental

Prof	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC	V
Cm	H_2O	g kg^{-1}	mg dm^{-3}	----------mmol dm^{-3}----------							%
0-20	6,2	63,4	7,1	2,0	20,4	16,8	0	57,8	41,8	99,5	41,9
20-40	6,6	44,5	2,7	4,1	14,4	13,2	0	44,6	31,7	76,2	41,6

Prof	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cm	----------mg dm^{-3}----------				
0-20	0,17	4,10	35,85	18,80	1,45
20-40	0,16	2,85	35,80	16,10	1,35

Prof	Granulometria			θ_{CC}	θ_{PMP}	Ds	PT	Classif. Textural
Cm	g kg^{-1}			---m^3 m^{-3}---		g cm^{-3}	cm^3 cm^{-3}	-
0-20	458,3	150,2	391,5	51,83	30,50	1,27	0,55	Franco Argiloso
20-40	374,9	158,3	466,8	55,00	31,33	1,28	0,51	Argila

[1]CC – Capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente; P, K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L^{-1}; Al: KCl 1 mol L^{-1}; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O - Matéria Orgânica; pH - em $CaCl_2$; CTC - Capacidade de troca de cátions; V - Saturação da CTC por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições; os tratamentos foram com e sem fertirrigação com vinhaça (0 e 300 m^3 ha^{-1}); sistema de irrigação com e sem automação; gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial). Foi utilizado um sistema de irrigação localizada com e sem automação, com gotejadores em duas condições (superficial e subsuperficial) e a lâmina de irrigação aplicada foi de 100% da reposição hídrica. A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio (Sousa; Lobato, 2004).

A Tabela 2 apresenta as características químicas da vinhaça, detalhando os seguintes elementos e compostos presentes.

Tabela 2. Características químicas da vinhaça.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	SO_4	Matéria orgânica	Cu	Zn	Mn	Fe
----------kg m^{-3}----------							----------g m^{-3}----------			
0,30	0,12	4,63	0,50	0,34	1,45	19,60	6,00	2,00	3,50	7,50

Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. As parcelas experimentais, foram constituídas 6 m × 2 m, cada parcela contendo quatro linhas de feijão no espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de plantio com 12 a 15 sementes por metro, de modo a obter um estande final segundo recomendado para a cultivar. Sendo as duas linhas de feijão externas da parcela considerada bordadura.

Foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento foram: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de 1,0 L h^{-1}; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. As linhas laterais tiveram 6 m de comprimento, mantendo-se o espaçamento entre gotejadores original, com o intuito de não modificar as reais condições de fabricação.

Foi realizado o teste de uniformidade em campo manualmente e de maneira automática para aferição dos dados. Foi avaliado em campo a vazão dos gotejadores seguindo-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), em que é medida a vazão de quatro gotejadores por linha lateral em cada uma das quatro linhas laterais, totalizando 16 gotejadores monitorados em cada uma das parcelas.

À entrada das linhas laterais foi instalada uma tomada de pressão, permitindo que a cada medição de vazão a pressão seja checada e, se necessário, ajustada àquela pré-estabelecida (100 kPa). Para a medição da pressão de serviço, à entrada da linha de emissores, foi utilizado um manômetro de Bourdon com faixa de leitura de 0 – 10 kgf cm^{-2}.

O procedimento para leitura de vazão dos gotejadores consistiu na pressurização do sistema (100 kPa), posicionamento de recipientes (1 L) sob os respectivos dispositivos conectados aos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, retirada sequencial dos recipientes após 5 minutos com defasagem de 5 segundos, medição do volume coletado e tabulação dos dados.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos do grau de entupimento (GE), conforme a equação 1:

$$GE = \left(1 - \frac{q_{usado}}{q_{novo}}\right) 100 \quad (1)$$

em que:

GE – grau de entupimento, %.

q_{novo} – vazão do gotejador novo, L h^{-1};

q_{usado} – vazão do gotejador usado, L h^{-1}.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p<0,05$), e em casos de significância, foi realizado o teste de média Tukey ($p<0,05$) para o fator fertirrigação, sistema de irrigação e condições dos gotejadores, utilizando o software estatístico R® (R Core Team, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O grau de entupimento (GE) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, não apresentou diferença significativa entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para o sistema com e sem automação (Figura 1A).

A GE do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 4,32 e 4,64% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com e sem automação respectivamente (Figura 1B).

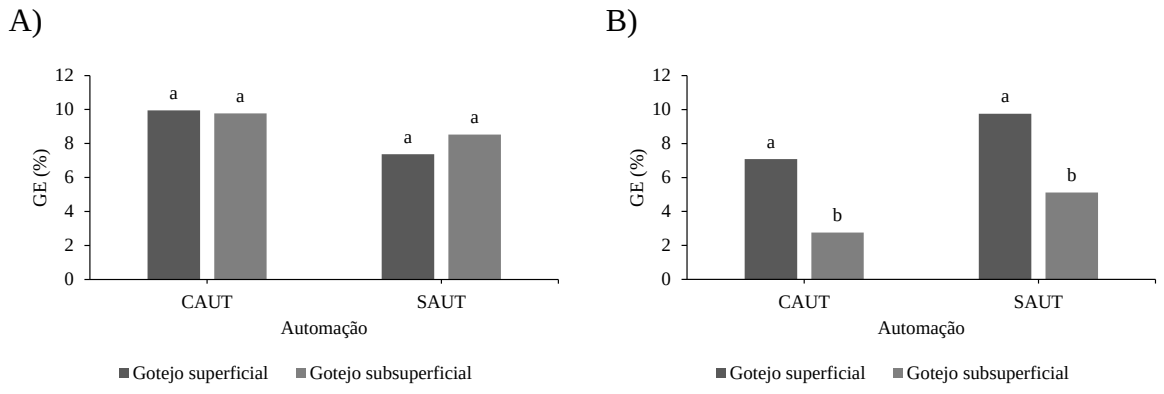


Figura 1. Grau de entupimento (GE) em função do sistema de irrigação com (CAUT) e sem automação (SAUT) com gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

O entupimento de gotejadores prejudica o funcionamento geral do sistema de irrigação afetando suas características de operação e exigindo manutenções mais frequentes, por isso, se faz necessário a avaliação e manutenção periódica do sistema de irrigação, para que não haja uma elevação no grau de entupimento dos emissores (Teixeira et al., 2008; Batista et al., 2013).

O Grau de entupimento (GE) do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,57% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição superficial (Figura 2A).

O GE do sistema de irrigação com fertirrigação com vinhaça, não apresentou diferença significativa entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores na condição subsuperficial (Figura 2A).

O GE do sistema de irrigação sem fertirrigação com vinhaça, apresentou uma diferença de 2,68 e 2,35% entre o sistema com e sem automação, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 2B).

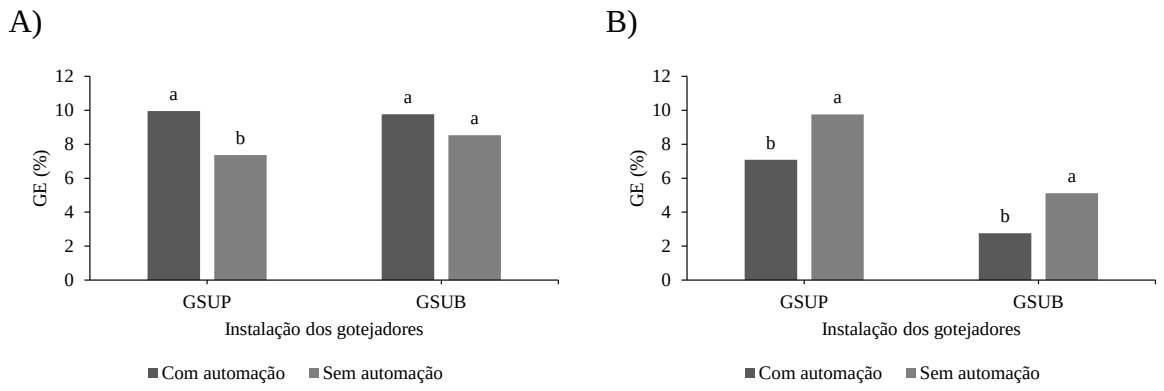


Figura 2. Grau de entupimento (GE) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com sistema de irrigação com e sem automação, para com (A) e sem fertirrigação com vinhaça (B).

Nota-se que o grau de entupimento se manteve abaixo de 10%, segundo Dalri et al. (2014) o grau de entupimento inferior a 40% sugere que não há entupimento dos emissores.

O Grau de entupimento (GE) do sistema de irrigação com automação, apresentou uma diferença de 2,87 e 7,01% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3A).

O GE do sistema de irrigação sem automação, apresentou uma diferença de 2,39 e 3,42% entre com e sem fertirrigação com vinhaça, para os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial, respectivamente (Figura 3B).

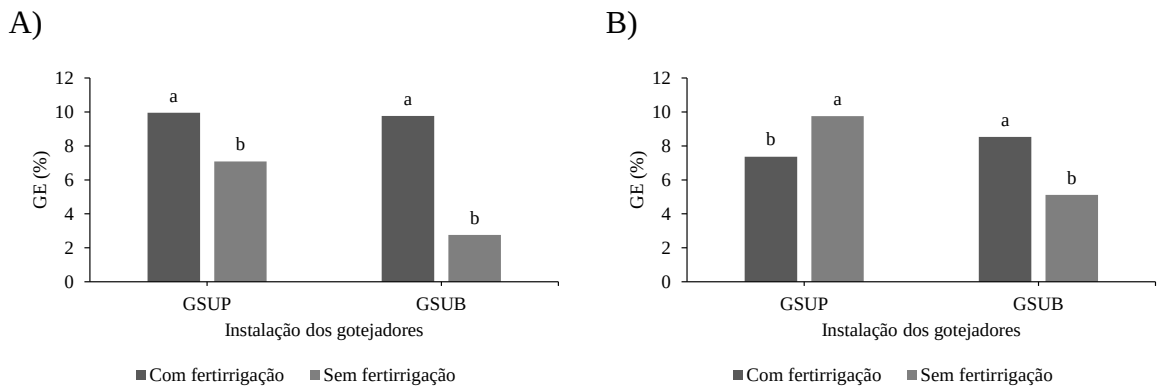


Figura 28. Grau de entupimento (GE) em função das condições de instalação dos gotejadores superficial (GSUP) e subsuperficial (GSUB), com e sem fertirrigação com vinhaça, para o sistema de irrigação com (A) e sem automação (B).

CONCLUSÕES

O grau de entupimento do sistema de irrigação, apresentou uma diferença de até 4,64% entre os gotejadores nas condições superficial e subsuperficial.

O grau de entupimento do sistema de irrigação localizada por gotejamento, apresentou uma diferença de até 2,70% entre o sistema de irrigação com e sem automação.

O grau de entupimento do sistema de irrigação localizada, apresentou uma diferença de até 7,01% entre com e sem fertirrigação com vinhaça.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. R. S.; SILVA, E. G.; SILVA, E. T.; PEREIRA, R. G.; SILVA, J. F.; COSTA, C. M.; ZAMORA, V. R. O.; CRUZB, A. F. S.; FERREIRA, M. E. S.; SILVA, M. G. S.; NORONHA, D. A. Avaliação do desempenho de sistema de irrigação por gotejamento em cultivo de maracujá. Research, Society and Development, v.10, e21710414034, 2021.

BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, D. B.; OLIVEIRA, A. F. M.; AZEVEDO, C. A. V.; MEDEIROS, S. S. Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicandose efluente da suinocultura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, p.698-705, 2013.

BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, D. B.; OLIVEIRA, A. F. M.; AZEVEDO, C. A. V.; MEDEIROS, S. S. Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 17 (7), 698-705, 2013.

DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F.; CRUZ, F. L.; ZANINI, J. R.; FARIA, R. T.; SANTOS, G. O. Entupimento de emissores enterrados sob a cultura da cana-de-açúcar após três anos de cultivo em condições fertirrigadas. Irriga, Edição especial 1, 62-71, 2014.

KELLER, J.; KARMELI D. Trickle irrigation design. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LIU, H.; HUANG, G. Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent. Agricultural Water Management, v.96, p.745-756, 2009.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

RODRIGUES FILHO, R. A.; FONSECA, R. D.; SILVA, K. B.; PAIVA, L. A. L.; TEIXEIRA, A. D. S.; CARVALHO, F. E.; BATISTA, R. O. Análise do desempenho de gotejadores não autocompensantes operando com esgoto sanitário tratado. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v. 3, n. 3, p. 1271-1283, 2020.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. 3.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. (Eds). 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa-CPA, 416 p., 2004.

TEIXEIRA, M. B.; MELO, R. F.; COELHO, R. D.; RETTORE NETO, O.; RIBEIRO, P. A. Tratamento para desentupimento de gotejadores convencionais. Brazilian Journal of Irrigation and Drainage - IRRIGA, 13(2), 235-248, 2008.

AGRONOMIA, BIOLOGIA E ZOOTECNIA: ESTUDOS FUNDAMENTAIS

VOLUME III



conhecimentolivre.org/home
contato@conhecimentolivre.org
editoraconhecimentolivre





EDITORA CONHECIMENTO LIVRE