

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**ÁGUA OZONIZADA NO CONTROLE DE ANTRACNOSE EM BANANAS
DURANTE O ARMAZENAMENTO**

Luane Isadora Souza
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

LUANE ISADORA SOUZA

**ÁGUA OZONIZADA NO CONTROLE DE ANTRACNOSE EM BANANAS
DURANTE O ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Ernandes R de Alencar

Coorientadores: Marcus V de Assis Silva
Domingos S M Valente
Jackson M Azevedo
Souza

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S729a Souza, Luane Isadora, 1991-
2024 Água ozonizada no controle de antracnose em bananas
durante o armazenamento / Luane Isadora Souza. – Viçosa, MG,
2024.

1 dissertação eletrônica (38 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexo.

Orientador: Ernandes Rodrigues de Alencar.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Agrícola, 2024.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.774>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. *Musa*. 2. Banana - Doenças e pragas. 3. Antracnose -
Controle. 4. Banana - Tecnologia pós-colheita. 5. Ozônio.
6. Cinética química. I. Alencar, Ernandes Rodrigues de, 1980-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.
III. Título.

CDD 22. ed. 634.772

LUANE ISADORA SOUZA

**ÁGUA OZONIZADA NO CONTROLE DE ANTRACNOSE EM BANANAS
DURANTE O ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de agosto de 2024.

Assentimento:

Luane Isadora Souza
Autora

Ernandes Rodrigues de Alencar
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pela autora em 26/11/2024 às 11:06:49 e pelo orientador em 26/11/2024 às 11:14:27. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **D1RH.GUWL.92RO** e clique no botão 'Validar documento'.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos. Esse suporte foi fundamental para a realização deste trabalho e sou grata por essa oportunidade.

Agradeço também à Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) pela disponibilidade de espaços físicos, equipamentos e recursos para melhor desenvolvimento de minha pesquisa.

Ao meu orientador professor Ernandes, e aos meus coorientadores, professores Jackon, Marcus e Sarvio, pelos ensinamentos, direcionamentos e conselhos preciosos que tive o privilégio de absorver.

Aos meus colegas de laboratório – Vivian, Daniel, Dani, Wellisson (ou Washington), Emanuel, Allyfe, Francisco (Pará), Matheus, Francisco Siteo, Elia, Carol, Patrícia e Carollayne – agradeço pelo convívio agradável, pelo alívio cômico e pelas experiências compartilhadas. Vocês tornaram o ambiente de trabalho mais leve e divertido, além de me apresentarem ao universo musical peculiar dos jovens. Dentro do laboratório, quero agradecer especialmente ao técnico e meu amigo Alley, ou Tartaruga, por sua incansável ajuda na parte química. Seja no preparo de soluções ou no ensino de conceitos químicos essenciais para minha pesquisa, sua colaboração foi fundamental.

Sou grata à minha família e aos amigos – aqui não citarei nomes pois são muitos e todos igualmente especiais e basilares – pela paciência, presença mesmo a distância e incentivo incondicional. O apoio que recebi durante o tratamento de saúde foi crucial para minha recuperação. Minha eterna gratidão.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta dissertação, meu muito obrigada!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“O primeiro pecado da humanidade foi a fé; a
primeira virtude foi a dúvida.”
(Carl Sagan)

RESUMO

SOUZA, Luane Isadora, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2024. **ÁGUA OZONIZADA NO CONTROLE DE ANTRACNOSE EM BANANAS DURANTE O ARMAZENAMENTO.** Orientador: Ernandes Rodrigues de Alencar. Coorientadores: Marcus Vinicius de Assis Silva, Domingos Sarvio Magalhaes Valente e Jackson Mirellys Azevedo Souza.

A banana é uma cultura de grande relevância econômica e socioambiental, com perdas significativas ocorrendo ao longo da cadeia de produção, especialmente na fase de pós-colheita. O uso de ozônio surge como uma alternativa promissora e segura aos tratamentos químicos convencionais para minimizar essas perdas. Este estudo teve como objetivo avaliar os modelos cinéticos da reação do ozônio em água em diferentes temperaturas e determinar a eficácia da imersão em água ozonizada no controle de *Colletotrichum musae* em bananas, além de analisar os impactos na qualidade do produto durante o armazenamento. Desta forma, foram testados cinco tratamentos na variedade de banana 'Nanicão': controle (sem imersão), imersão em água sem ozônio (dois e três ciclos), e imersão em água ozonizada (dois e três ciclos). Cada ciclo durou 15 minutos. Após o tratamento, os frutos foram armazenados por 9 dias a 25 °C e 75% UR. Os resultados mostraram que a maior concentração de ozônio e o tempo de meia-vida mais prolongado (117,6 minutos) foram alcançados a 15 °C. No entanto, na presença de bananas, a meia-vida foi drasticamente reduzida para apenas 0,9 minutos. Não houve efeito significativo do tratamento com água ozonizada no controle da antracnose ou na qualidade das frutas durante o armazenamento. Concluiu-se que, embora a meia-vida do ozônio seja maior a 15 °C, a matéria orgânica presente na banana reduz substancialmente esse tempo, e a imersão em água ozonizada não foi eficaz no controle de antracnose

Palavras-chave: *musa* spp; ozônio; modelos cinéticos; saturação; decaimento; pós-colheita.

ABSTRACT

SOUZA, Luane Isadora, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2024. **OZONIZED WATER TO CONTROL ANTHRACNOSIS IN BANANAS DURING STORAGE**. Adviser: Ernandes Rodrigues de Alencar. Co-advisers: Marcus Vinicius de Assis Silva, Domingos Sarvio Magalhaes Valente and Jackson Mirellys Azevedo Souza.

Banana is a crop of great economic and socio-environmental relevance, with significant losses occurring throughout the production chain, especially during the postharvest phase. The use of ozone arises as a promising and safe alternative to conventional chemical treatments to minimize these losses. This study aimed to evaluate the kinetic models of ozone reaction in water at different temperatures and to determine the effectiveness of immersion in ozonated water in controlling *Colletotrichum musae* in bananas, as well as to analyze the impacts on product quality during storage. For this, five treatments were tested on the 'Nanicão' banana variety: control (no immersion), immersion in water without ozone (two and three cycles), and immersion in ozonated water (two and three cycles). Each cycle lasted 15 minutes. After the treatment, the fruits were stored for 9 days at 25°C and 75% RH. The results showed that the highest ozone concentration and the longest half-life (117.6 minutes) were achieved at 15°C. However, in the presence of bananas, the half-life was drastically reduced to just 0.9 minutes. There was no significant effect of ozonated water treatment on anthracnose control or fruit quality during storage. It was concluded that, although the ozone half-life is longer at 15°C, the organic matter present in bananas substantially reduces this time, and immersion in ozonated water was not effective in controlling anthracnose.

Keywords: *musa* spp; ozone; kinetic models; saturation; decay; post-harvest.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
2.1. Geração do ozônio e obtenção da água ozonizada	11
2.2. Cinética de reação do ozônio	12
2.3. Tratamento das bananas, armazenamento e análise de qualidade	13
2.4. Procedimento experimental	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
3.1. Cinética de reação do ozônio na água	17
3.2. Efeito do ozônio no controle de antracnose e na qualidade dos frutos	22
4. CONCLUSÕES	32
5.REFERÊNCIAS	33
APÊNDICE A – Qualidade da Água	38

1. INTRODUÇÃO

A banana (*Musa spp*) é uma das frutas mais populares e consumidas do mundo. A acessibilidade, a praticidade e a qualidade nutricional a torna atrativa para o consumidor, gerando crescente demanda e firmando sua importância econômica e social (FAO, 2021). Apesar da maior parte do consumo ser *in natura*, esta é apenas uma das diversas formas de se utilizar a banana na dieta, pois ela pode ser usada como farinha, purê, em doces como bananada, *chips*, banana-passa, flocos, cerveja, vinho, vinagre, néctar, dentre outros. Seu consumo é recomendado em toda faixa etária, pois é uma excelente fonte de carboidratos, vitaminas, minerais e fibras (Folegatti; Matsuura, 2004).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil produziu, em 2022, 6,8 milhões de toneladas de banana e quase toda a produção é destinada ao mercado interno, com apenas 1,0% destinado à exportação. A fruta é cultivada em todo território nacional, porém os cinco principais estados produtores, São Paulo, Bahia, Minas Gerais, Santa Catarina e Pará, são responsáveis por mais da metade do que é colhido (IBGE, 2022). As variedades tradicionais mais conhecidas são a Prata, Pacovan, Terra e Maçã, do grupo AAB, Nanica e Nanicão, do grupo AAA e Ouro, do grupo AA. Estes grupos genômicos conferem às bananas características diferentes entre si, desde o porte da planta até a suscetibilidade a doenças (Silva et al., 2004).

A banana apresenta o maior comércio internacional de frutas. Nesse cenário, o Brasil apresenta potencial para o mercado de exportação, mas não ocupa as primeiras posições como exportador. Apesar da extensa área plantada e a quantidade colhida, a falta de transparência no preço, a pouca utilização de critério de classificação, a falta de embalagem apropriada, e principalmente as perdas pós-colheita, afetam de forma significativa a oferta deste alimento (Almeida, 2004 ;IBGE, 2022). A fruta, colhida ainda verde, sofre principalmente com danos mecânicos que funcionam como porta de entrada para fungos ainda no campo, ocasionando também alterações fisiológicas, amadurecimento precoce e aumento na perda de peso do produto (Maia et al., 2011).

O principal agente patológico na pós-colheita de bananas é o fungo *Colletotrichum musae*, causador da doença de nome antracnose. Estima-se que as perdas na pós-colheitas variam de 25% a 50%, sendo boa parte da produção perdida em função desta doença (Al-Dairi, 2023; Zoeir et al., 2017). Os sintomas são caracterizados por lesões deprimidas e de cor escura na superfície da casca da fruta. Em condições ambientais favoráveis, as lesões apresentam sinais de frutificação rosada, ou acérvulos do fungo. A contaminação acontece geralmente no campo, porém os sintomas surgem à medida que a fruta amadurece (Kimati et al., 2005).

O tratamento convencional no controle de antracnose em bananas no Brasil é pelo método químico, com uso de fungicidas. A quantidade de produtos registrados pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) para o controle de antracnose em pós-colheita é considerada pequena, impossibilitando a rotação de princípios ativos. Como resultado, ocorre o desenvolvimento de resistência das cepas fúngicas, tornando a dose indicada pelo fabricante ineficiente. Conseqüentemente, produtores usam doses acima do recomendado, prática essa que oferece risco ao meio ambiente, aos trabalhadores do campo e envolvidos no transporte e até mesmo ao consumidor final (Jallow et al., 2017).

Com a crescente demanda por práticas agrícolas sustentáveis e a busca por métodos alternativos de tratamento que não deixem resíduos prejudiciais, novas tecnologias têm sido desenvolvidas para otimizar a produção. O ozônio tem sido utilizado como uma alternativa sustentável e segura para o controle de pragas e doenças na pós-colheita, aumentando o tempo de vida de prateleira de uma dezena de produtos. Coelho et al. (2015), após uma revisão integrativa, concluiu que o ozônio é uma tecnologia *eco-friendly* e oferece economia de gastos com energia, transporte e armazenamento, já que pode ser gerado na própria área onde será utilizado. O gás ozônio é um composto capaz de oxidar compostos orgânicos, além de apresentar atividade antimicrobiana e antifúngica como tem demonstrado alguns estudos (Alves et al., 2019; Chen et al., 2020; Alencar et al., 2023). O mecanismo de ação do ozônio contra microrganismos envolve a geração de radicais livres a partir da decomposição do ozônio na solução. Esses radicais livres são os principais responsáveis pela destruição das células microbianas. O ozônio, com seu alto potencial de oxidação, causa lise celular e danos ao ácido nucleico, além de oxidar lipídios de membrana, enzimas respiratórias, e outras estruturas celulares como proteínas, peptidoglicanos

e lipídios insaturados (Premjit et al., 2021). Devido seu produto de degradação ser o oxigênio, o ozônio tem se mostrado uma alternativa para o controle convencional, pois, além de minimizar os impactos negativos destes produtos na saúde humana, ele não deixa resíduos no meio ambiente (Aslam et al., 2020).

Portanto, este estudo baseia-se na conclusão de Alencar et al. (2013), que avaliou o efeito do ozônio gasoso e aquoso no tratamento pós-colheita de bananas nanicação, destacando um efeito positivo do ozônio aquoso. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar os modelos cinéticos da reação do ozônio em água potável e avaliar a eficácia da imersão em água ozonizada no controle de *Colletotrichum musae* em bananas, bem como seus possíveis impactos na qualidade do fruto durante o armazenamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido em duas etapas: (i) determinação dos modelos cinéticos do gás ozônio nas condições previamente estabelecidas; (ii) determinação da eficácia da imersão água ozonizada no controle de *Colletotrichum musae* em bananas e efeitos na qualidade durante o armazenamento.

2.1. Geração do ozônio e obtenção da água ozonizada

Para a geração do ozônio gasoso, foi utilizado o gerador de ozônio modelo O&L3.ORM (Ozone & Life, São José dos Campos, São Paulo, Brasil), acoplado a concentrador de oxigênio modelo Mark 5 Plus (NIDEK Medical, Birmingham, Alabama, EUA) que utiliza o ar ambiente como fonte.

Na obtenção da água ozonizada, foi utilizada água da rede de distribuição de Viçosa, Minas Gerais, adotando-se as temperaturas de 15 °C, 20 °C e 25 °C. Para isso, utilizou-se tanque de inox com capacidade de 70 L e com sistema de refrigeração e recirculação acoplados (Figura 1). Ao atingir a temperatura desejada, o gás ozônio foi injetado na concentração inicial de 30 mg L⁻¹ e fluxo de ar de 2 m³ min⁻¹. O gás ozônio foi introduzido no tanque através de um injetor do tipo Venturi, onde foi misturado com água e recirculado no sistema do tanque (Figura 1).

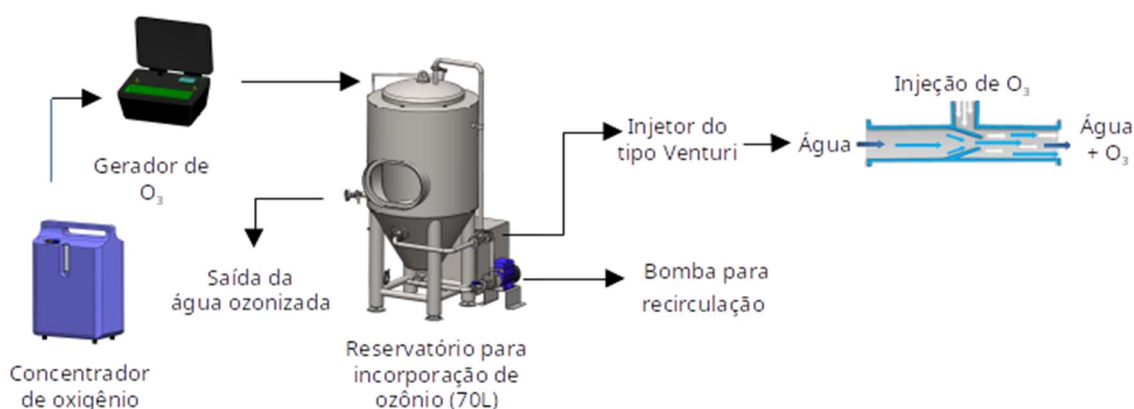


Figura 1: Esquema de geração e obtenção de água ozonizada.
Fonte: Autor, 2024

2.2. Cinética de reação do ozônio

Na determinação da cinética de reação, quantificou-se o ozônio dissolvido na água pelo método iodométrico (Eaton et al. 2000). Inicialmente, adotaram-se intervalos de três minutos, e, conforme a concentração ozônio na água se aproximava da estabilização, os intervalos de tempo foram expandidos. A determinação da concentração de O₃ ozônio foi finalizada após obter três medidas iguais em intervalos de 30 minutos. Para a obtenção das curvas e determinação dos tempos de saturação para cada temperatura, foram utilizadas as Equações 1 e 2, respectivamente.

$$C = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{t-b}{c}\right)}} \quad \text{Equação (1)}$$

$$t_{\text{sat}} = b + 2c \quad \text{Equação (2)}$$

Onde,

C = concentração do gás ozônio (mg L⁻¹);

t = tempo (min);

a, b, c = constantes da equação.

A curva de decaimento foi determinada após o estudo da saturação. Inicialmente, o aporte de ozônio foi interrompido e a bomba de circulação foi desligada. A determinação de O₃ na água foi realizada a cada três minutos, expandindo os intervalos conforme o decaimento se estabilizava, o qual utilizou-se o critério de três determinações iguais em intervalos de 30 minutos para finalizar o processo.

O mesmo procedimento foi aplicado para determinar a curva de decaimento e o tempo de permanência de O₃ na água na presença de bananas. Para tal experimento foram retirados do tanque 6 L de água ozonizada no ponto de saturação e transferidos para um recipiente com capacidade de 10L. Imediatamente foram inseridas 10 bananas. A proporção água/banana foi de aproximadamente 600 mL. Realizou-se determinações da concentração de O₃ de 5 em 5 minutos até que o O₃ fosse indetectável.

Para o estudo da cinética de decomposição do O₃, os dados foram ajustados nos modelos de ordem zero, primeira e segunda ordem e as equações utilizadas se

encontram na Tabela 1. O modelo de melhor ajuste foi escolhido com base na comparação dos coeficientes de determinação (R^2) e na análise dos resíduos dos modelos cinéticos.

Tabela 1: Modelos cinéticos de reação. Onde, C: concentração de ozônio (mg L^{-1}); k: constante de decomposição; t: tempo; a, b e k: constantes da equação ajustada. Fonte: Wright (2004) adaptado.

Ordem	Equação diferencial	Equação integrada	Equação linearizada	Tempo de meia-vida
0	$\frac{dC}{dt} = -k$	$\hat{y} = a - kt$	$C = C_0 - kt$	$t_{1/2} = \frac{C_0}{2k}$
1	$\frac{dC}{dt} = -kC$	$\hat{y} = a \times e^{b \times t}$	$C = \ln C_0 - kt$	$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{b}$
2	$\frac{dC}{dt} = -kC^2$	$\hat{y} = \frac{a}{1 + (b \times t)}$	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_0} + kt$	$t_{1/2} = \frac{1}{b}$

2.3. Tratamento das bananas, armazenamento e análises de qualidade

A variedade de banana 'Nanicão' (grupo AAA) foi adquirida do Departamento de Agronomia, do campo experimental de Fruticultura, da Universidade Federal de Viçosa, campus Viçosa. Colhidos no estágio pré-climatério, coloração da casca 1, baseado na escala de cores que varia entre 1 e 7. Os frutos foram higienizados ainda no campo com solução detergente $2,0 \text{ ml L}^{-1}$ e água potável corrente para retirada do látex.

Foram adotados cinco tratamentos, sendo eles: controle (Controle) sem imersão em água; dois ciclos de imersão em água da rede de distribuição (sem ozônio – AG2); três ciclos de imersão em água da rede de distribuição (sem ozônio – AG3); dois ciclos de imersão em água ozonizada (AO2); e três ciclos de imersão em água ozonizada (AO3).

A obtenção da água ozonizada para o tratamento dos frutos, procedeu-se como descrito no item 2.1, na temperatura de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ e até atingir a saturação do gás na água. A concentração de entrada do gás ozônio foi de 30 mg L^{-1} e o fluxo de ar de $2 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$. Após atingir a concentração de ozônio na água equivalente a 5 mg L^{-1} , foram

retirados do tanque 6 L de água e transferidos para um recipiente de capacidade de 10 L, onde foram inseridas as bananas. Cada ciclo de imersão foi equivalente a 15 minutos, determinado a partir de testes preliminares.

Finalizados os tratamentos dos frutos, os buquês foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e armazenados em câmaras climáticas durante 9 dias na temperatura de 25 °C e UR de 75%. As análises de qualidade dos frutos foram realizadas no início do armazenamento e decorridos 3, 6 e 9 dias.

Na avaliação da qualidade dos frutos foram determinados o percentual de área lesionada, a perda de massa fresca (PMF), firmeza, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, pH, relação polpa/casca e cor da casca.

2.3.1. Área lesionada

A área lesionada por *C. musae* nos frutos foi determinada utilizando-se escala diagramática desenvolvida por MORAES et al. (2006) para banana, na qual a área lesionada varia de 0 a 64%.

2.3.2. Perda de massa fresca

A perda de massa fresca foi determinada, em porcentagem (%), pela diferença da massa registrada no momento no início do experimento (M_i) e os a massa final (M_f) diferentes dias 3, 6 e 9 de armazenamento. A pesagem foi feita a cada dia avaliativo em balança de precisão, modelo BK 8000 (Gehaka, São Paulo, Brasil).

$$PMF = \frac{M_f - M_i}{M_i} \times 100 \quad \text{Equação (3)}$$

onde, M_i é a massa inicial e M_f é massa final.

2.3.3. Firmeza

A firmeza foi determinada utilizando-se um penetrômetro digital Soil Control PDF-200, com ponteira de 0,5 cm, realizando-se a leitura no centro do fruto e expressa em Newtons (N).

2.3.4. Acidez total titulável

A acidez total titulável dos frutos foi determinada seguindo-se o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Foram utilizadas amostras de aproximadamente 10 g trituradas e homogeneizadas em 100 ml de água destilada. Na titulação foi utilizada solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N, até atingir pH próximo 8,2. Os resultados expressos em % de ácido málico.

2.3.5. *Sólidos solúveis totais*

Os sólidos solúveis totais foram determinados em refratômetro digital portátil, Atago modelo N1, com leitura na faixa de 0 a 32 °Brix. Os resultados foram expressos em °Brix (AOAC, 2002).

2.3.5. *pH*

O pH dos frutos foi determinado com o potenciômetro Digimed Mod. DM21. Foi utilizado aproximadamente 10 g de amostra triturada e homogeneizada, diluída em 100 ml de água destilada, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

2.3.6. *Relação polpa/casca*

A relação polpa/casca foi obtida dividindo-se o peso da polpa do fruto pelo peso da casca.

$$P/C = \frac{P}{C} \quad \text{Equação (4)}$$

onde, P é peso da polpa e C o peso da casca.

2.3.7. *Cor da casca*

A cor da casca da banana foi analisada utilizando-se colorímetro modelo CR410 (Konica, Minolta, Osaka, Japão). O equipamento foi previamente calibrado e os valores foram tomados na casca dos frutos, realizando-se quatro leituras das amostras de cada repetição. Inicialmente foram obtidas as coordenadas L*, a* e b*. As coordenadas L*, a* e b* serão utilizadas para calcular a tonalidade (h), Equação 5, a saturação da cor ou croma (C), Equação 6, e diferença de cor (ΔE), Equação 7 (Maskan, 2001).

$$h^* = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad \text{Equação (5)}$$

$$c^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Equação (6)}$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad \text{Equação (7)}$$

Em que L_0^* , a_0^* e b_0^* são as coordenadas obtidas antes da exposição dos frutos ao ozônio e ao oxigênio.

2.4. Procedimento experimental

Adotou-se Delineamento Inteiramente Casualizado, em esquema fatorial 5x4, sendo cinco tratamentos e quatro períodos de armazenamento, com nove repetições, sendo cada repetição correspondente a um fruto. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente análise de regressão ou teste de Tukey, com um nível de significância de 5%. Foram utilizados o software StatPlus 5.0 (AnalystSoft Inc, Canada) para análises de variâncias e o software SigmaPlot versão 14.0 (Systat Software Inc, Germany) para a obtenção das equações e dos gráficos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Cinética de reação do ozônio água

A determinação de um modelo cinético para a dissolução do ozônio (O_3) em água, é fundamental para prever a velocidade de reação sob diferentes condições. Neste estudo foi comparada as velocidades de reação de O_3 em água de rede de distribuição (potável), em diferentes temperaturas e na presença e na ausência de matéria orgânica. Conforme o padrão de potabilidade (Brasil, 2021), a água potável possui substâncias que não existem em águas destiladas. Esses compostos podem afetar direta ou indiretamente as reações do gás O_3 na água (Benedito, 2015).

Na Tabela 2 são apresentadas as equações de regressão, respectivos coeficientes de determinação (R^2) e erro padrão da estimativa (EPE) das concentrações de ozônio na água, para concentração de entrada de $30,0 \text{ mg L}^{-1}$ (C_0) e temperaturas de 15, 20 e 25 °C. Na Figura 2, tem-se as curvas de regressão referentes às concentrações de ozônio na água, para 15, 20 e 25 °C.

Tabela 2: Equações de regressão, respectivos coeficientes de determinação (R^2) e erro padrão da estimativa (EPE) das concentrações residuais de ozônio dissolvido na água em função do tempo, para concentração de entrada de $30,0 \text{ mg L}^{-1}$ (C_0) e temperaturas de 15, 20 e 25 °C.

Temperatura (°C)	Equações ajustadas	R^2	EPE	t_{sat} (min)	C_{sat} (mg L ⁻¹)
15	$y = \frac{4,9015}{1 + e^{-\left(\frac{t - 39,2511}{22,6782}\right)}}$	0,9723	0,2742	84,6	5,23
20	$y = \frac{4,2889}{1 + e^{-\left(\frac{t - 44,8536}{27,3140}\right)}}$	0,9603	0,2811	99,5	4,23
25	$y = \frac{2,8768}{1 + e^{-\left(\frac{t - 31,0510}{18,7478}\right)}}$	0,9756	0,1453	68,6	2,95

Obeve-se maior concentração na temperatura de 15 °C (5,23 mg L⁻¹), com tempo de saturação de 84,3 minutos. O maior tempo de saturação foi na temperatura de 20 °C, sendo equivalente a 99,5 minutos, com concentração de saturação de 4,23 mg L⁻¹. Por outro lado, a menor concentração de saturação foi observada quando se adotou a temperatura de 25 °C, sendo equivalente a 2,95 mg L⁻¹.

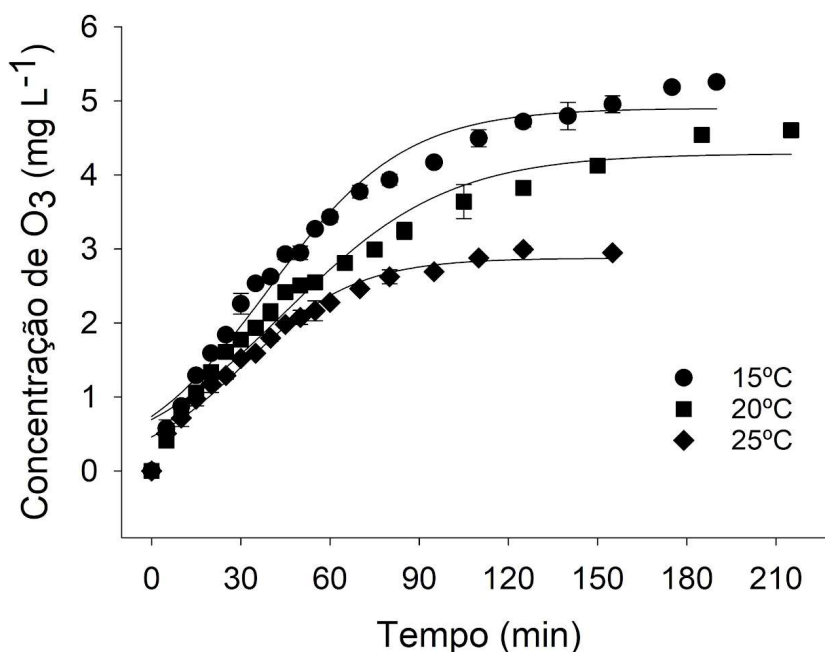


Figura 2: Curvas de regressão referentes a concentração de ozônio na água, para concentração de entrada de 30,0 mg L⁻¹ (C₀) e temperaturas de 15, 20 e 25 °C.

O estudo do processo de saturação do ozônio é essencial para determinar o tempo mínimo de ozonização da água (tempo de saturação) para obter a concentração de saturação do O₃. Salienta-se que no presente estudo, utilizou-se água da rede de distribuição de Viçosa, que está em conformidade a Portaria GM/MS N° 888 de 4 de maio de 2021 (Apêndice A). Optou-se pela utilização de água da rede de distribuição neste estudo, pela praticidade de sua aplicação em campo, uma vez que o objetivo principal é avaliar a viabilidade da tecnologia de ozônio em condições reais de uso agrícola. Além disso, trata-se de uma abordagem inovadora, dado que a maioria dos estudos na literatura faz uso de água destilada em experimentos controlados, o que difere das condições de campo que são de interesse neste trabalho. Salienta-se que para a definição das temperaturas a serem testadas, considerou-se a injúria causada pelo frio nas cascas das bananas, sendo necessárias temperaturas superiores a 10 °C (Chitarra; Chitarra, 1984).

Uma das grandes limitações do uso do ozônio dissolvido em água é a concentração no meio aquoso (Premjit et al., 2021). Apesar de a concentração de entrada ser 30 mg L^{-1} , a concentração de saturação a $15 \text{ }^\circ\text{C}$ foi de $5,23 \text{ mg L}^{-1}$. Na temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, a concentração de saturação foi 56,4% aquela obtida na temperatura a $15 \text{ }^\circ\text{C}$ (Tabela 2). Este fenômeno é atribuído à maior energia das moléculas, que facilita as reações de decomposição (Gottschalk, Libra, 2009; Galdeano et al., 2018)

O modelo da cinética do decaimento do ozônio é crucial para otimizar sua eficácia como agente antimicrobiano. Na Figura 3, tem-se as curvas de decaimento do ozônio em água, nas diferentes temperaturas. Na Tabela 3, tem-se as equações referentes aos modelos cinéticos de ordem zero, primeira ordem e segunda ordem ajustados aos dados de concentração residual do ozônio na água em função do tempo, nas temperaturas de 15, 20 e $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

A literatura evidencia que a decomposição do O_3 na água se situa entre os modelos cinéticos de ordem 1 e 2, com alguns trabalhos empregando uma ordem fracionária de 1,5, indicando uma cinética intermediária entre a primeira e a segunda ordem (Gardoni et al. 2012). Tal abordagem sugere que a taxa de reação é mais sensível à concentração do que em uma reação de primeira ordem, mas menos sensível do que em uma de segunda ordem. No presente estudo, optou-se pelo modelo que apresentou o maior coeficiente de determinação (R^2), sendo este como o modelo cinético de segunda ordem. As curvas obtidas a partir dos dados experimentais, corroboram com a literatura existente sobre a sensibilidade da decomposição do ozônio à variação de temperatura (Gardoni et al., 2012).

Tabela 3: Equações de regressão dos modelos cinéticos de ordem zero, primeira e segunda ordem de decomposição ajustados aos dados de concentração residual do ozônio aquoso em função do tempo e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e erro padrão da estimativa (EPE), para concentração de entrada de 30,0 mg L⁻¹ (C_0) e temperaturas de 15, 20 e 25 °C.

Temperatura (°C)	Ordem	Equações ajustadas	R^2	EPE	Meia vida (min)
15	0	$C = 4,9500 - 0,0188t$	0,9356	0,2604	131,6
	1	$C = 1,6283 - 0,0054t$	0,9716	0,0470	128,4
	2	$C = 0,1850 + 0,0016t$	0,9866	0,099	115,6
20	0	$C = 4,0353 - 0,0229t$	0,9315	0,2492	88,1
	1	$C = 1,4396 - 0,0087t$	0,9847	0,0434	79,7
	2	$C = 0,2112 + 0,0036t$	0,9884	0,0155	58,7
25	0	$C = 2,4357 - 0,0147t$	0,8534	0,2490	82,8
	1	$C = 0,9303 - 0,0093t$	0,9501	0,00877	74,5
	2	$C = 0,3490 + 0,0065t$	0,9885	0,0288	53,7

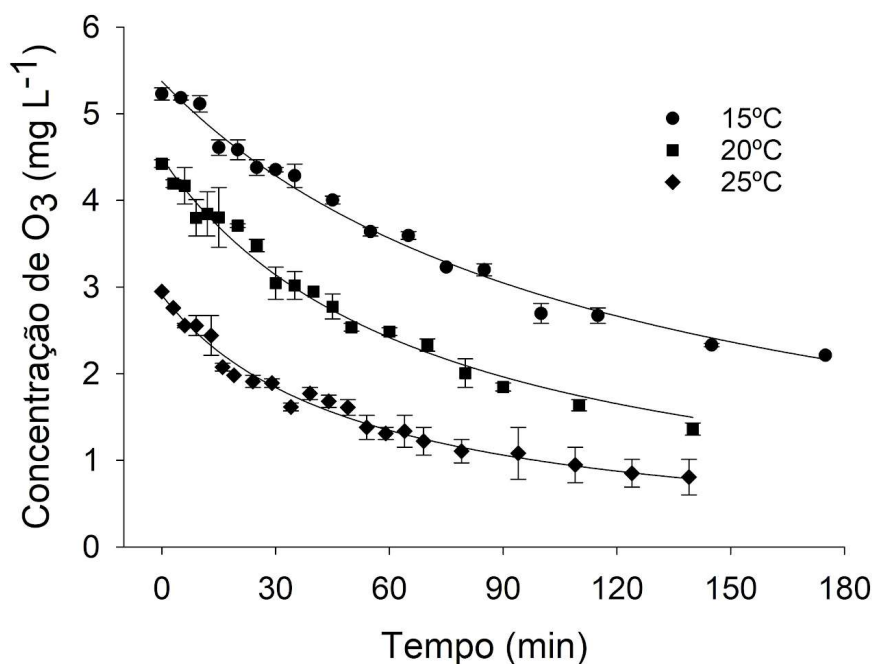


Figura 1: Modelo cinético de decomposição O₃ na água nas temperaturas 15, 20 e 25 °C e suas linhas de tendência ajustado ao modelo de segunda ordem.

No que se refere a meia-vida do ozônio na água, obteve-se valor igual a 117,6 min, na temperatura de 15 °C (Tabela 3). Por outro lado, à medida que se elevou a temperatura para 20 e 25 °C, obtiveram-se meias-vidas iguais a 69,9 e 51,6 min. Outros estudos já demonstraram que quanto menor a temperatura, maior é a meia-vida do ozônio (Premjit et al., 2022), semelhante aos resultados obtidos no presente experimento. Com a adição dos frutos, houve redução abrupta no tempo de meia-vida. Diante dessa nova condição, o tempo de meia vida foi reduzido de aproximadamente 118 minutos para menos de 1 minuto. Essa mudança pode ser explicada pela afinidade do ozônio com matéria orgânica, somado a autodecomposição do ozônio. (Gardoni et al., 2012; Westerhoff et al., 1999). Além disso a casca da banana contém compostos antioxidantes, ácidos orgânicos e constituintes voláteis que reagem com a molécula de ozônio, diminuindo o tempo de permanência na água (Al-Dairi, et al., 2023). Na Tabela 4, tem-se os modelos cinéticos de decomposição do ozônio em meio aquoso, na presença das bananas.

Tabela 4: Equações de regressão dos modelos cinéticos de ordem zero, primeira e segunda ordem de decomposição do ozônio na presenta de banana, ajustados aos dados de concentração residual do ozônio aquoso em função do tempo e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e erro padrão da estimativa (EPE), para concentração de entrada de $30,0 \text{ mg L}^{-1}$ (C_0) e temperaturas de $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Ordem	Equações ajustadas	R^2	EPE	Meia vida (min)
15	0	$C = 4,4274 - 0,3312t$	0,8871	0,9342	6,7
	1	$C = 2,2905 - 0,3935t$	0,8550	1,2814	1,8
	2	$C = 0,1177 + 0,1173t$	0,9424	0,2049	0,9

3.2. Efeito do ozônio no controle de antracnose e na qualidade dos frutos ao longo do armazenamento

Com base nos resultados referentes a decomposição do ozônio no meio aquoso, a condição que resultou no processo mais lento foi a temperatura de $15 \text{ }^\circ\text{C}$, sendo essa a temperatura adotada para avaliar o efeito da água ozonizada no controle da antracnose em bananas. Procedeu-se dessa forma, considerando a maior estabilidade do agente oxidante, em contraste com as temperaturas de 20 e $25 \text{ }^\circ\text{C}$, nas quais a decomposição do ozônio ocorreu de forma mais rápida.

No que se refere ao efeito da água ozonizada no controle de antracnose em bananas, não houve diferença significativa ($P < 0,05$), entre tratamentos testados, pois observou-se elevação do percentual de área lesionada durante o armazenamento em todos os tratamentos (Figuras 4 e 5 e Tabela 5).

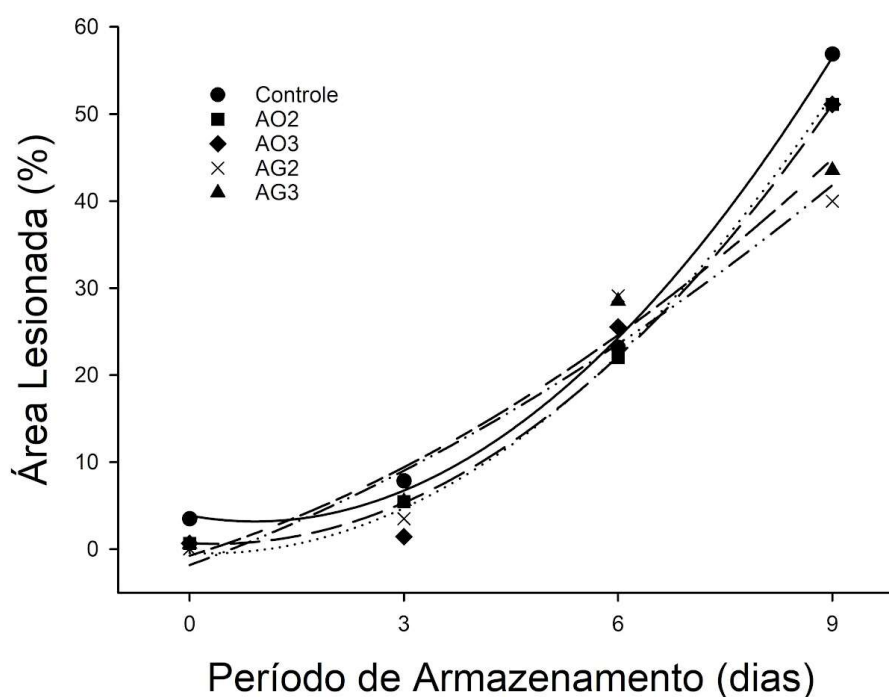


Figura 2: Evolução da área lesionada da banana e armazenada por 0, 3, 6 e 9 dias. AO2: duas imersões em água ozonizada; AO3: três imersões em água ozonizada; AG2: duas imersões em água da rede distribuição pública; AG3: três imersões em água.

Tabela 5: Equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e erro padrão da estimativa (EPE), para área lesionada (%) em função do período de armazenamento, em banana armazenada a 25 °C, por 9 dias.

Tratamentos	Equações ajustadas	R^2	EPE
Controle	$y = 3,8780 - 1,4907t + 0,8156t^2$	0,9985	1,6457
Ozônio 2 imersões (AO2)	$y = 0,7095 - 0,4768t + 0,6747t^2$	1,0	0,1766
Ozônio 3 imersões (AO3)	$y = -0,4260 - 0,3470t + 0,6883t^2$	0,9860	4,9015
Água 2 imersões (AG2)	$y = -1,8130 + 2,9957t + 0,2061t^2$	0,9404	8,2421
Água 3 imersões (AG3)	$y = 0,7385 + 2,5488t + 0,2797t^2$	0,9722	5,8071

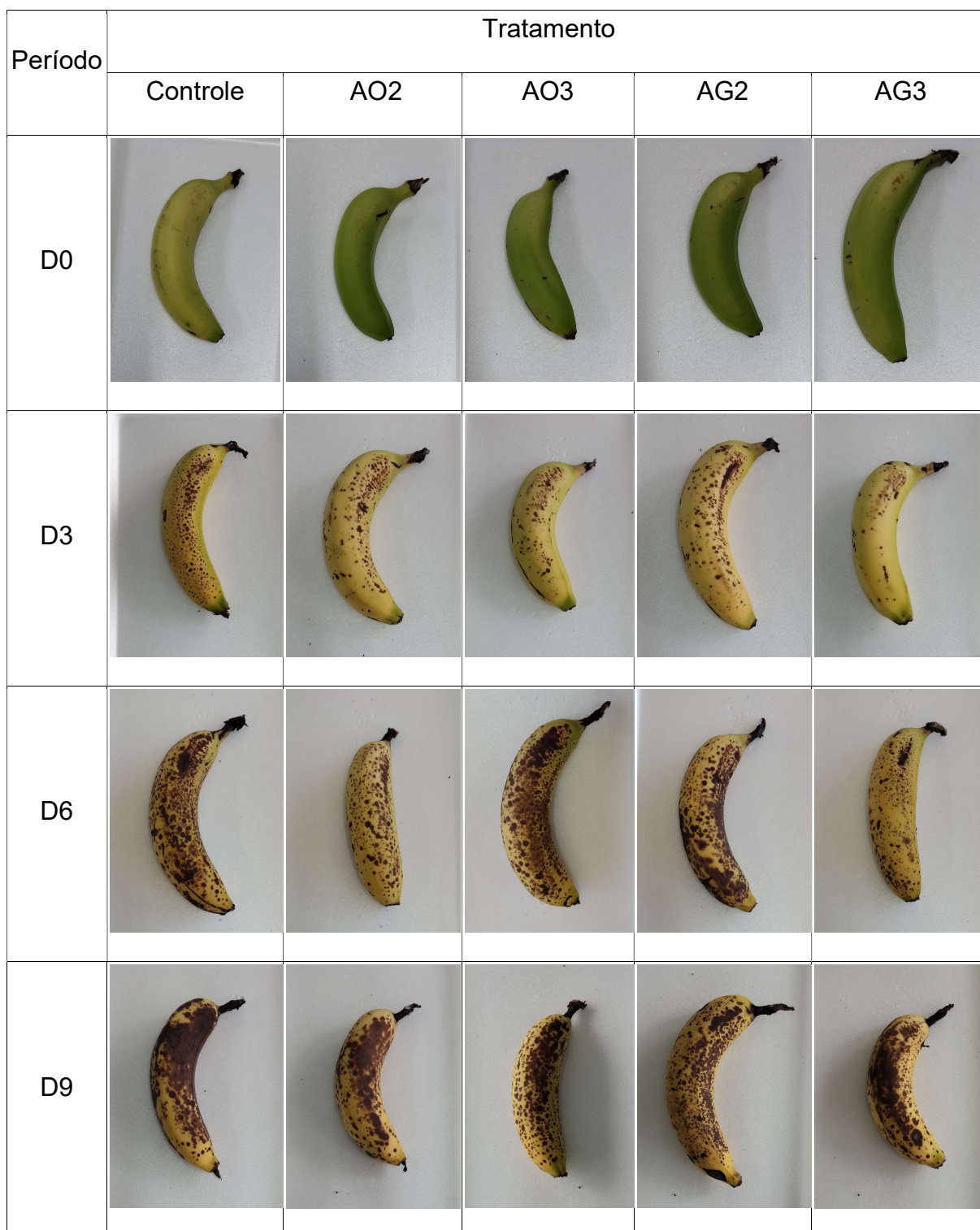


Figura 3: Comparação visual das bananas submetidas aos tratamentos: controle; AO2: duas imersões em água ozonizada; AO3: três imersões em água ozonizada; AG2: duas imersões em água da rede distribuição pública; AG3: três imersões em em água da rede distribuição pública. Armazenada por 0, 3, 6 e 9 dias a 25 °C.

A ineficácia do ozônio no controle de antracnose em banana, nas condições adotadas no presente estudo, pode ser atribuída a diversos fatores, sendo a concentração de ozônio na água o principal fator. Feng et al. (2018), ao analisar a interação entre concentração, tempo de exposição e população de microrganismos, concluíram que o fator de maior impacto no controle é a concentração de ozônio, pois em baixas concentrações não há efeito sobre as membranas bacterianas, deixando-as intactas. Além disso, em revisão feita com o intuito de avaliar o potencial de redução do ozônio na indústria de sucos, verificou-se que a eficiência do ozônio depende da sensibilidade inerente de cada microrganismo (Cullen et al., 2010). Fungos, leveduras e bactérias formadoras de esporos necessitam de concentrações crescentes do ozônio (Akbas e Ozdemir, 2008).

O gás ozônio possui baixa solubilidade em água. A condição escolhida para os testes com bananas, utilizando-se água da rede de distribuição, com pH próximo ao neutro, implica em decomposição do ozônio mais rápida em comparação com águas ácidas (Wang et al., 2019). O pH influencia a forma química do ozônio e dos radicais livres gerados, o que pode afetar diretamente a sua capacidade de inativar microrganismos.

Outra variável que afeta diretamente a concentração do O_3 na água é o método de geração de ozônio. A necessidade de equipamentos, o processo de mistura do gás O_3 com a água e a sua solubilidade dependente da temperatura são fatores que devem ser considerados na extensão do projeto ao campo. Alternativamente, a geração de ozônio aquoso a partir das próprias moléculas de água, por meio de produção eletrolítica, apresenta vantagens. Esse método evita o desperdício de ozônio devido à decomposição térmica, permitindo alcançar maiores concentrações do gás (Premjit, 2021), conseqüentemente, obter um efeito mais eficaz na inativação de patógenos que exigem doses maiores.

Embora no experimento tenha sido realizada mais de uma imersão, o tempo total de ozonização pode não ter sido suficiente. Há evidências de que a ozonização contínua é mais eficiente que a imersão em água saturada (Alexopoulos et al., 2013). Isso pode ser explicado pelo tempo de meia-vida do ozônio na presença de matéria orgânica. O tempo de permanência em um sistema sem aporte contínuo de ozônio é um fator limitante. Apesar da escolha da temperatura ter favorecido o tempo de meia-

vida, a adição das bananas reduziu drasticamente esse tempo, de modo que todo o ozônio presente foi consumido em menos de 15 minutos. A quantidade de água ozonizada por banana pode ter sido outro fator limitante. Aumentar a relação entre a quantidade de água ozonizada e a quantidade de bananas, aumentaria a quantidade de moléculas de ozônio no meio, favorecendo reações de oxidação, ativando espécies reativas de oxigênio (EROS) e a produção de radicais livres, aumentando o controle de microrganismos (Alexandre et al., 2011).

Quanto às variáveis de qualidade da banana exposta ou não ao ozônio, verificou-se, de acordo com a Análise de Variância (ANOVA), que não houve variação significativa ($P > 0,05$) em decorrência da interação entre tratamentos e período de armazenamento e dos tratamentos isoladamente. Houve variação significativa ($P < 0,05$) somente quando se considerou o período de armazenamento isoladamente.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados simplificados da ANOVA para as variáveis de qualidade como sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável total (ATT), pH, firmeza (Fir), relação polpa/casca (P/C), croma (C^*), tonalidade (h^*) de diferença de cor (ΔE^*).

Nas Figura 5 e 6, são apresentadas as curvas de regressão referentes às variáveis de qualidade dos frutos durante o armazenamento, independentemente dos tratamentos. Devido à ausência de diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos avaliados, optou-se por utilizar a média dos valores obtidos nas amostras dos grupos controle, tratadas com água ozonizada e tratadas com água potável. Na Tabela 7 são apresentadas as equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação e erro padrão da estimativa, para variáveis de qualidade em função do armazenamento.

Tabela 6: ANOVA dos parâmetros de qualidade, onde: FV: Fonte de Variação; GL: Graus de Liberdade; QM: Quadrado Médio; SST: Sólidos Solúveis Totais; ATT: Acidez Titulável Total; Fir: firmeza; P/C: Relação polpa/casca; C: Cromo; ΔE : diferença de cor; h^* : tonalidade; PMF: perda de massa fresca; ω^2 : ômega quadrado. * Significativo a 5% de probabilidade. ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FV	GL	QM			
		SST	ATT	pH	Fir
Tratamento (T)	4	13,0701 ^{ns}	0,0118 ^{ns}	0,0633 ^{ns}	197,5067 ^{ns}
Período (P)	3	53,4720**	0,1775**	5,6739**	11.496,2615**
T x P	12	9,5557 ^{ns}	0,0129 ^{ns}	0,0935 ^{ns}	116,9193 ^{ns}
Resíduo	160	7,7295	0,0080	0,0815	150,8159
Total	179	8,9249	0,0113	0,1756	339,7340
ω^2		0,1332	0,2867	0,5346	0,5547
		P/C	C	ΔE	h^*
Tratamento (T)	4	0,0897 ^{ns}	17,7193 ^{ns}	12,1551 ^{ns}	207,6342 ^{ns}
Período (P)	3	3,6666**	2.561,8783**	6.292,4287**	14.742,9187**
T x P	12	0,0396 ^{ns}	31,3850 ^{ns}	48,3376 ^{ns}	171,7491 ^{ns}
Resíduo	160	0,0883	34,6046	27,8288	140,2086
Total	179	0,1451	76,3680	133,8468	388,5679
ω^2		0,3898	0,5455	0,7912	0,6379
		PMF			
Tratamento (T)	4	439,5084 ^{ns}			
Período (P)	3	5.165,9542**			
T x P	12	225,8076 ^{ns}			
Resíduo	40	233,1825			
Total	59	496,4896			
ω^2		0,5261			

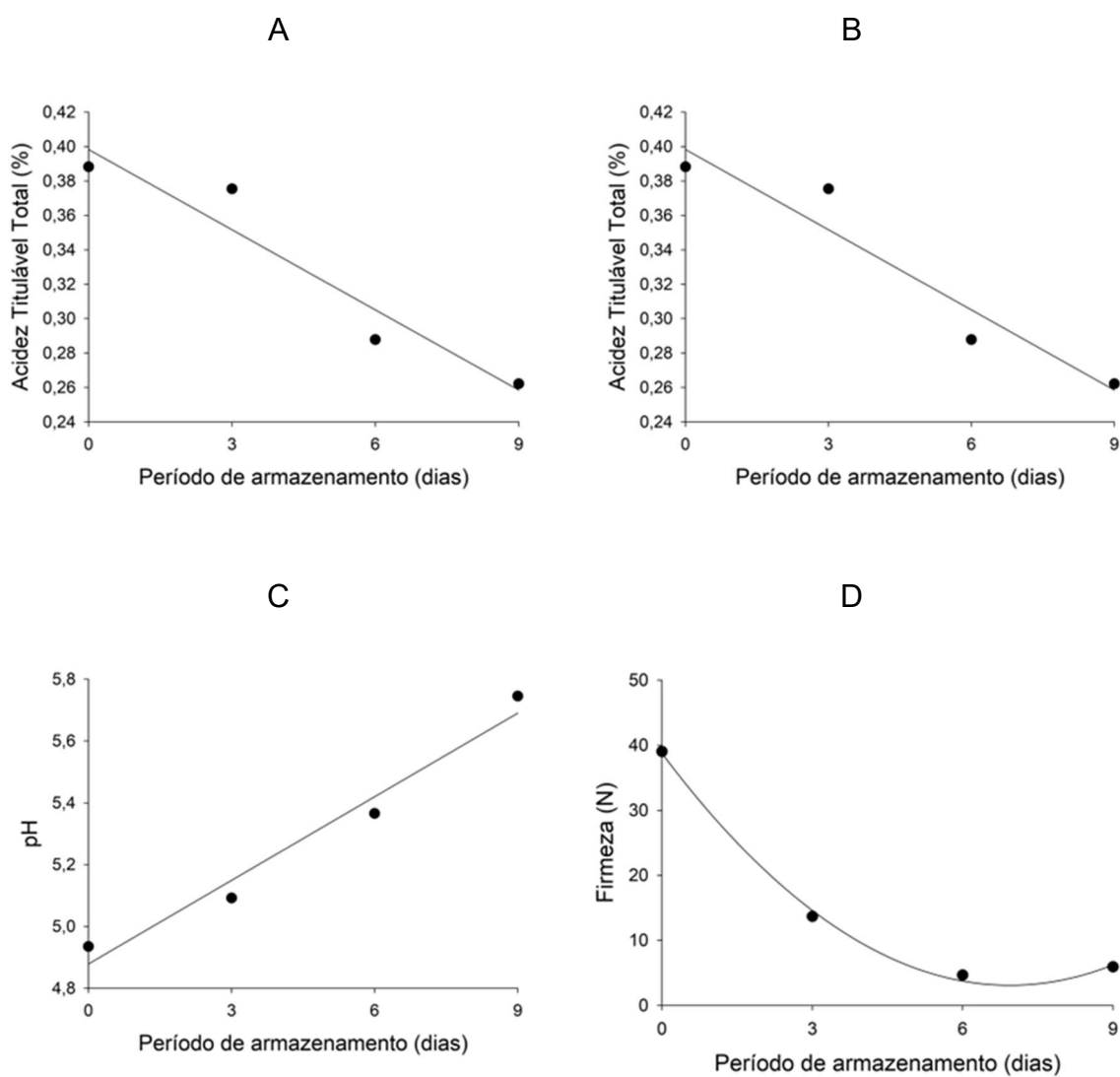


Figura 5: Curvas de regressão com os valores da média das amostras dos tratamentos e controle referentes às variáveis Sólidos Solúveis Totais (A, °Brix), Acidez Titulável Total (B, % de ácido málico), pH (C, adimensional) e Firmeza (D, N) em bananas durante o armazenamento a 25 °C.

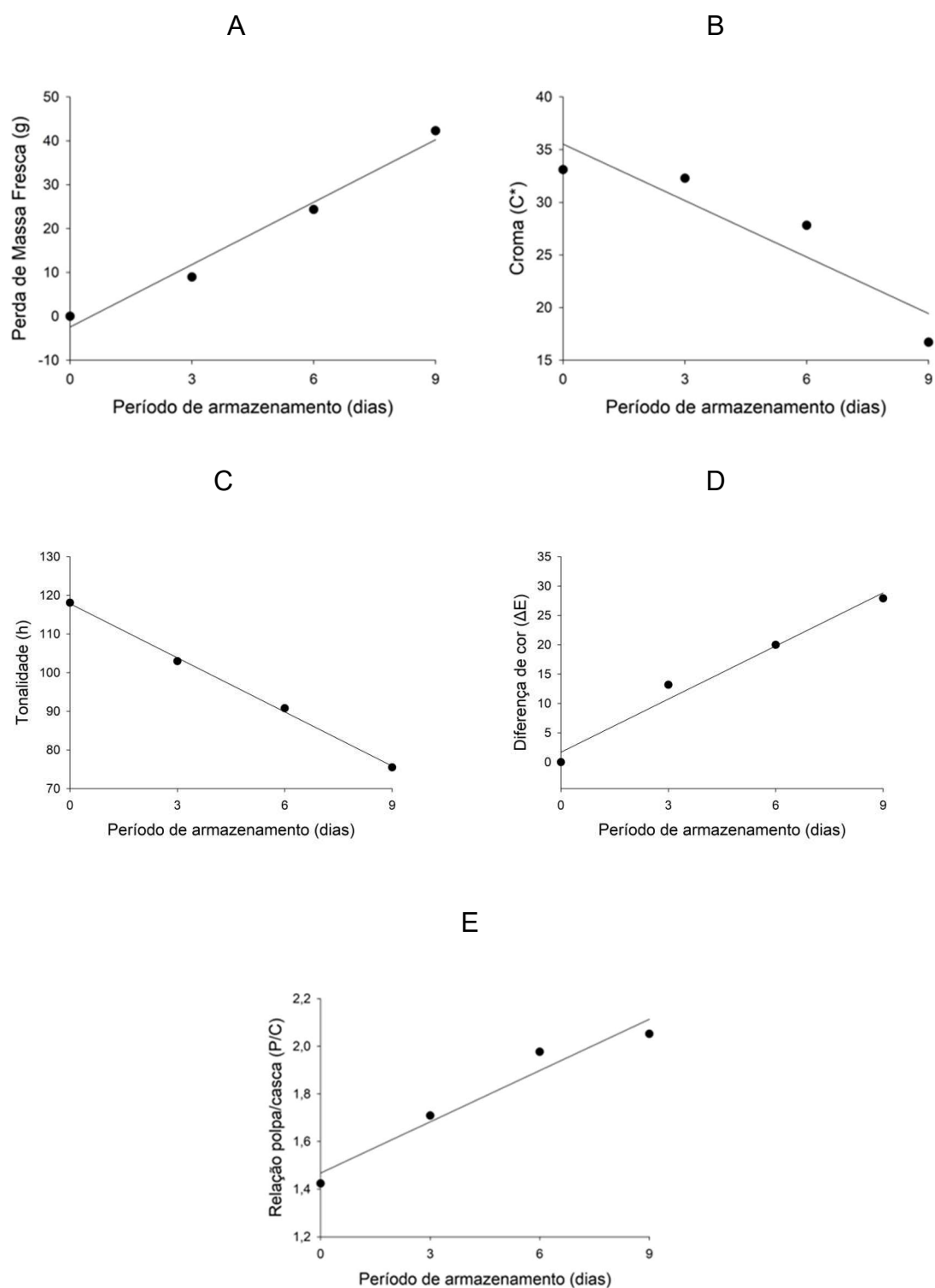


Figura 6: Curvas de regressão com os valores da média das amostras dos tratamentos e controle referentes às variáveis perda de massa fresca (A, %), Croma (B, C*), tonalidade de cor (C, h*), diferença de cor (D, ΔE^*) e Relação entre polpa e casca (D, adimensional) em bananas durante o armazenamento a 25 °C.

Tabela 7: Equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e erro padrão da estimativa (EPE), para variáveis de qualidade em função do período de armazenamento, em banana armazenada a 25 °C, por 9 dias.

Parâmetros	Equações ajustadas	R^2	EPE
Acidez Titulável Total	$y = 0,3983 - 0,0155t$	0,9175	0,0221
Sólidos Solúveis Totais	$y = 22,3034 - 0,2970t$	0,9193	0,4174
pH	$y = 4,8785 + 0,0902t$	0,9609	0,0786
Croma	$y = 35,5184 - 1,7880t$	0,8423	3,6699
Tonalidade	$y = 117,8489 - 4,6691t$	0,9981	0,9564
Diferença de cor	$y = 1,6931 + 3,0175t$	0,9767	2,2095
Firmeza	$y = 38,7298 - 10,2709t + 0,77398t^2$	0,9976	1,3600
Perda de Massa Fresca	$y = -2,4438 + 4,7427t$	0,9797	3,2390
Reação polpa casca	$y = 1,4674 + 0,0718t$	0,9485	0,0793

No processo de maturação, as bananas passam por transformações bioquímicas que alteram a cor, textura e *flavor* (Chitarra, Chitarra, 2005). Os resultados obtidos neste estudo evidenciam esse fenômeno. Logo, as diferenças significativas encontradas durante o armazenamento já eram esperadas. Os resultados também se alinham a literatura no que se refere a velocidade do amadurecimento, pois bananas armazenadas a 25 °C apresentam processo de amadurecimento acelerado e seu tempo de armazenamento reduzido (Reinaldi *et al.*, 2010). Isto fica evidenciado no tamanho do efeito, dado pelo ômega quadrado (ω^2) dos parâmetros analisados, onde a diferença de cor e a tonalidade apresentaram maiores valores, indicando uma alta discrepância entre os valores médios dos dias avaliados.

O presente estudo se limitou a analisar uma forma eficiente de estender os conhecimentos básicos da cinética do gás ozônio, seu efeito no controle de patógenos e o tratamento pós-colheita de bananas para o desenvolvimento de uma técnica

ecofriendly no campo, com a possível substituição de princípios ativos danoso ao meio e ao ser humano. Os resultados encontrados são essenciais no direcionamento de novas formas de aplicação eficiente do gás ozônio no futuro. A geração da molécula através da decomposição eletrolítica da água, equipamentos com aporte constante de ozônio e aumentar a relação de quantidade de água ozonizada por unidade de banana são caminhos promissores para experimentos futuros.

5. CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo foi identificar os parâmetros essenciais para o desenvolvimento de equipamentos destinados à aplicação de ozônio no campo, visando otimizar a relação custo-benefício no controle da antracnose e na manutenção da qualidade pós-colheita das bananas. A hipótese de que a imersão intermitente em água ozonizada, com até três ciclos de imersão, é eficiente no controle da antracnose foi rejeitada. No entanto, os resultados encontrados nas análises com as bananas, juntamente com o estudo da cinética do ozônio dissolvido na água, são fundamentais para orientar futuros trabalhos voltados ao desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo pós-colheita.

Portanto, concluiu-se que:

- i. Temperaturas mais baixas implicam em maior meia-vida do ozônio na água. Todavia, a presença de matéria orgânica reduz drasticamente a meia-vida do ozônio no meio aquoso. Esse fator é crucial para o planejamento de um sistema de desinfecção, utilizando-se gás ozônio solubilizado em água.
- ii. A imersão em água pré-ozonizada não foi eficiente no controle de *Colletotrichum musae* em bananas, mesmo utilizando duas ou três imersões com uma concentração de saturação de 5 mg L⁻¹.
- iii. O tratamento com água pré-ozonizada não alterou as variáveis de qualidade das frutas analisadas.

6.REFERÊNCIAS

AKBAS, M. Y., & OZDEMIR, M. Effect of gaseous ozone on microbial inactivation and sensory of flaked red peppers. *International Journal of Food Science & Technology*, 43, 1657e1662. 2008.

AL-DAIRI, M., PATHARE, P. B., AL-YAHYAI, R., JAYASURIYA, H., AL-ATTABI, Z. Postharvest quality, technologies, and strategies to reduce losses along the supply chain of banana: A review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 134, p. 177-191, 2023.

ALEXANDRE, E. M. C., SANTOS-PEDRO, D. M., BRANDÃO, T. R. S., & SILVA, C. L. M. Influence of aqueous ozone, blanching and combined treatments on microbial load of red bell peppers, strawberries and watercress. *Journal of Food Engineering*, 105(2), 277–282. 2011.

ALEXOPOULOS, A., PLESSAS, S., CECIU, S., LAZAR, V., MANTZOURANI, I., VOIDAROU, C., STAVROPOULOU, E., & BEZIRTZOGLU, E. Evaluation of ozone efficacy on the reduction of microbial population of fresh cut lettuce (*Lactuca sativa*) and green bell pepper (*Capsicum annuum*). *Food Control*, 30(2), 491–496. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.09.018>

AOAC. Association Of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. 17^a ed. Arlington: 2000p. 2002.

ASLAM, R. et al. Sanitization potential of ozone and its role in postharvest quality management of fruits and vegetables. *Food Engineering Reviews*, v. 12, p. 48 – 67, 2020.

ALENCAR, E. R.; FARONI, LÊDA R. D.; PINTO, M. S.; COSTA, ANDRÉ R. Postharvest quality of ozonized 'nanicão' cv. bananas. *Revista Ciência Agronômica (UFC. Online)*, v. 44, p. 107-114, 2013.

ALENCAR, E.R; FERREIRA, W. F. S.; ALVES, H.; ROBERTO, M. A.; MENDONÇA, M. A. Eficácia do ozônio no controle de fungos em amendoim. *In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA 2014*, Campo Grande-MS,

31 jul. 2014. Disponível em: <http://conbea14.sbea.org.br/2014/livro/R0343-1.pdf>.

Acesso em: 5 maio 2023.

ALMEIDA, C. O. Comercialização. *In*: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. *O cultivo da Bananeira*. 1. ed. Cruz das Almas - BA: EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura, 2004. cap. IV, p. 45-58.

ALVES, H., ALENCAR, E. R., FERREIRA, W. F. S., SILVA, C. R., & RIBEIRO, J. L. Microbiological and physical-chemical aspects of strawberry exposed to ozone gas at different concentrations during storage. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22, e2018002. 2019. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.00218>.

BENEDITO, B. I. da. Velocidades de uma reação química. *In*: BENEDITO, B. I. da. *Cinética Química das Reações Homogêneas*. 1. ed. [S. l.]: Editora Blucher, 2015. cap. 3, p. 97-134. ISBN 8521209231, 9788521209232.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria Nº 888, de 04 de maio de 2021*. Brasília, 2021;

CHEN, C.; ZHANG, H.; ZHANG, X.; DONG, C.; XUE, W.; XU, W. The effect of different doses of ozone treatments on the postharvest quality and biodiversity of cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology*, [s. l.], v. 163, maio, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521419308373?via%3Dihub>.

Acesso em: 7 maio 2023.

CHITARRA, A. R.; CHITARRA, M. I. F. MANEJO PÓS-COLHEITA E AMADURECIMENTO COMERCIAL DE BANANA. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 19, n. 6, p. 761-771, 1 jun. 1984.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. *PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS: FISIOLOGIA E MANUSEIO*. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 783 p. v. 1.

COELHO, C. C. DE S; FREITAS-SILVA, O.; CAMPOS, R. DA S; BEZERRA, V. S.; CABRAL, L. M. C. Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: Uma revisão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v. 19, n. 4, p. 369–375, 2015.

CULLEN, P.J., V.P. VALDRAMIDIS, B.K. TIWARI, S. PATIL, P. BOURKE, AND C.P. O'DONNELL. Ozone Processing for Food Preservation: An Overview on Fruit Juice Treatments. *Ozone: Science & Engineering* 32, no. 3 (June 9, 2010): 166–79. doi:10.1080/01919511003785361.

EATON, A.D. CLESCERI, L. S., & GREENBERG, A. E. *Standard methods for the examination of water and wastewater* (20th ed), APHA/AWWA/WEF2, Washington. 2000.

FENG, L., ZHANG, K., GAO, M., SHI, C., GE, C., QU, D., ZHU, J., SHI, Y., & HAN, J. Inactivation of vibrio parahaemolyticus by aqueous ozones. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(8), 1233– 1246. 2018. <https://doi.org/10.4014/jmb.1801.01056>

FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U. Processamento. *In*: BORGES, A. L. et al. *O cultivo da Bananeira*. 1. ed. Cruz das Almas - BA: EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura, 2004. cap. XIII, p. 232-244.

GARDONI, D., VAILATI, A., & CANZIANI, R. Decay of Ozone in Water: A Review. *Ozone: Science & Engineering*, 34(4), 233–242. 2012 <https://doi.org/10.1080/01919512.2012.686354>

GOTTSCHALK, C., J.A. LIBRA, A.Saupe. *Ozonation of Water and Waste Water. A Practical Guide to Understanding Ozone and its Application*. 2nd Edition. New York: Wiley-VCH. 378 p. 2009.

GALDEANO, M. C., WILHELM, A. E., GOULART, I. B., TONON, R. V., FREITASSILVA, O., GERMANI, R., CHÁVEZ, D. W. H. Effect of water temperature and pH on the concentration and time of ozone saturation. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21. 2018.

JALLOW, M.F.A.; AWADH, D.G.; ALBAHO, M.S.; DEVI, V.Y.; THOMAS, B.M. Pesticide risk behaviors and factors influencing pesticide use among farmers in Kuwait. *Science of The Total Environment*, Kuwait, v. 574, p. 490-498, 1 jan. 2017.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. *Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. São Paulo: Ceres, 2005. v.2, 663p.

IBGE, Produção Agrícola Municipal 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0>. Acesso em: 5 maio 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglia -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008 p. 1020.

MAIA, V. M.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; PUSCHMAN, R.; CECON, P. R. Alterações físicas e metabólicas na banana “Prata Anã” induzidas por danos mecânicos à temperatura ambiente. *Scientia Agricola*, v.68, n.1, p.31-36, 2011.

MASKAN, M. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, v.48, p.169-175, 2001.

MORAES, W. da S.; ZAMBOLIM, L.; LIMA, J. D. Quimioterapia de banana ‘prata anã’no controle de podridões em pós-colheita. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 75, p. 79-84, 2006.

OECD/FAO, OECD-FAO. *Agricultural Outlook 2021-2030*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/19428846-en>. 2021.

PREMJIT, Y. et al. Aqueous ozone: Chemistry, physiochemical properties, microbial inactivation, factors influencing antimicrobial effectiveness, and application in food. *Comprehensive Reviews. Food Science and Food Safety*, v. 21, n. 2, p. 1054-1085, 2022.

RINALDI, M. M.; CARMO, N. R. do; SALES, R. N. Conservação pós-colheita de banana nanicão e prata. Embrapa Cerrados; Embrapa Unidades Centrais., Planaltina, DF, ano 2010, n. 1, p. 28 p., 18 mar. 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/881459/1/bolpd268.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2024.

SILVA, S. O.; SANTOS-SEREJO, J. A.; CORDEIRO, Z. J. M. Variedades. *In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. O cultivo da Bananeira*. 1. ed. Cruz das Almas - BA: EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura, 2004. cap. IV, p. 45-58. ISBN 85-7158-010-3.


WANG, J., WANG, S., SUN, Y., LI, C., LI, Y., ZHANG, Q., & WU, Z. Reduction of Escherichia coli O157: H7 and naturally present microbes on fresh-cut lettuce using lactic acid and aqueous ozone. *RSC Advances*, 9(39), 22636–22643. 2019.

WESTERHOFF, P., G. AIKEN, G. AMY, AND J. DEBROUX. Relationships between the Structure of Natural Organic Matter and its Reactivity Towards Molecular Ozone and Hydroxyl Radicals. *Water Research*, vol. 33, Issue 10, 1999, p.2265-2276, ISSN 0043-1354. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00447-3](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00447-3).

WRIGHT, M.R. *An introduction to chemical kinetics*. 1a Edição. Editora John Wiley & Sons, Ltd. New York. 2004. 441p

ZOEIR, H. A et al. Effects of antifungal activity of essential oils, salts and antioxidants acids on pathogenic fungi and their application methods for controlling postharvest diseases in banana fruits. *African Journal of Microbiology Research*, p.11 n.29, p.1162-1170, 2017.

APÊNDICE A -Qualidade de água



UFV
+ sustentável

INFORME SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA

CAMPUS UFV - VIÇOSA

Maio/2024

Em atendimento ao Decreto 5.440/2005, a Divisão de Água e Esgoto (DAG-UFV) informa a qualidade da água tratada na ETA-UFV e distribuída no campus UFV-Viçosa.



Estação de Tratamento de Água - UFV. Foto: Geana Stampini



Tabela 1 - Resultados das análises rotineiras de qualidade da água realizadas no mês de abril de 2024

Parâmetro	Padrão ⁽¹⁾	Nº de análises exigidas	Nº de análises realizadas	Porcentagem dentro do padrão	Valor mínimo encontrado	Valor máximo encontrado
Saída do Tratamento						
Cor (uC)	≤ 15	61	115	100%	0,5	14,2
Turbidez (uT)	≤ 1,0 ⁽²⁾	61	224	100%	0,03	0,5
Cloro⁽³⁾ (mg/L)	0,2 a 5,0	61	228	100%	0,6	1,8
pH	--	61	73	--	6,7	8,4
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente ⁽⁴⁾	8	9	100%	Ausente	Ausente
E.coli (UFC/100mL)	Ausente	8	9	100%	Ausente	Ausente
Sistema de Distribuição						
Cor (uC)	≤ 15	20	10	100%	0,3	13,7
Turbidez (uT)	≤ 5,0	20	10	100%	0,1	1,1
Cloro⁽³⁾ (mg/L)	0,2 a 5,0	20	10	100%	0,3	1,1
pH	--	20	10	--	7,1	7,3
Coliformes Totais (UFC/100mL)	Ausente ⁽⁵⁾	20	20	100%	Ausente	Ausente
E.coli (UFC/100mL)	Ausente	20	20	100%	Ausente	Ausente

(1) Portaria de potabilidade da água GM/MS N°888, de 04/05/2021; (2) A legislação exige turbidez de até 0,5 uT em 95% das amostras de água filtrada analisadas no mês, não ultrapassando o limite máximo de 1,0 uT; (3) Cloro Residual Livre; (4) A Portaria 888/2021 permite uma amostra positiva no mês para sistemas que abasteçam até 20mil usuário (5) Ausência em 95% das amostras examinadas no mês.

Para mais informações acesse o site da Diretoria ou entre em contato com a Divisão.



Diretoria de Meio Ambiente
www.meioambiente.ufv.br

Divisão de Água e Esgoto
agua@ufv.br(31) 3612-1534