

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

The seal of the Universidade Federal do Amazonas is a circular emblem. It features a central shield with a stylized landscape, a star, and a laurel wreath. The text "UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS" is written around the top inner edge, and "IN UNIVERSA SCIENTIA VERITAS" is written around the bottom inner edge. There are two small circles on the left and right sides of the seal.

**OZÔNIO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE  
BANANAS**

CHARLE DA CUNHA SOARES

Manaus – AM

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

CHARLE DA CUNHA SOARES

**OZÔNIO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE  
BANANAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisitos parciais para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Aline Ellen Duarte de Sousa  
Coorientador: Prof. Dr. Joel Lima da Silva Junior

Manaus – AM

2021

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S676o Soares, Charle da Cunha  
Ozônio na conservação pós-colheita de bananas / Charle da  
Cunha Soares. 2021  
58 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Aline Ellen Duarte de Sousa  
Coorientador: Joel Lima da Silva Junior  
Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade  
Federal do Amazonas.

1. Musa sp. 2. Tratamento alternativo. 3. Antracnose. 4.  
Amadurecimento. I. Sousa, Aline Ellen Duarte de. II.  
UniversidadeFederal do Amazonas III. Título

CHARLE DA CUNHA SOARES

## **OZÔNIO NA CONSERVAÇÃO PÓS COLHEITA DE BANANAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisitos parciais para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Aprovada em 10 de novembro de 2021.

### **BANCA EXAMINADORA**



Dra. Aline Ellen Duarte De Sousa, Presidente  
Universidade Federal do Amazonas



Dra. Jânia Lilia da Silva Bentes, Membro  
Universidade Federal do Amazonas



Dr. Marcio Akio Ootani, Membro  
CETENE – Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste

DEDICO

A Jeová Deus.

Aos meus pais, esposa e filho: Benedito da Costa Soares, Rozimeire da Cunha Soares,  
Rosângela Costa de Almeida e Raphael Hercules Almeida Soares.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Jeová Deus, por ter me dado a saúde e a sabedoria para trazer conquistas na minha vida, com Ele o futuro será melhor.

A minha companheira de vida, Rosângela, meus pais, Benedito e Rozimeire, todos familiares e amigos que me rodeiam, pelo apoio para que eu continuasse a carreira acadêmica.

À Professora Aline Ellen Duarte de Sousa, por total dedicação e apoio na minha formação como o seu orientado de mestrado, a qual eu tenho todo respeito e admiração motivadas pelas suas orientações e paciência, colocando a sua confiança em mim para realização deste trabalho e aos cuidados do laboratório, meu muito obrigado.

Ao coorientador Professor Joel pelo apoio e paciência nos ensinamentos, também por compartilhar o aparelho gerador de ozônio para realizar este trabalho, e seu laboratório para realizações de experimentos na sua área.

À professora Jânia Lília e Dr. Márcio Akio por colaborar no desenvolvimento do meu trabalho com seus ensinamentos.

À Universidade Federal do Amazonas por me ajudar na formação acadêmica, principalmente ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, por possibilitar na obtenção de título de Mestre, pelas disciplinas ofertadas para a minha formação e pessoas especiais para a minha orientação.

À CAPES por ter concedido a bolsa de mestrado, sem essa, não conseguiria continuar na minha formação acadêmica.

À banca avaliadora pelas contribuições nas suas avaliações sobre a minha dissertação. Aos amigos que me deram total força nos laboratórios, pois nestes precisei muito da força da Grazielle, Natalia, Jeronimo, Jean, Willian, Rodolfo, Jennifer, Ana Francisca entre outros, meu muito obrigado.

E a todos que me deram apoio para que eu chegasse até aqui.

## RESUMO

A banana é uma das frutas mais consumidas do mundo, no entanto, há perda de boa parte na pós colheita, causado por falta de conhecimento técnico, com isso, o ozônio é um grande aliado na importância do processo de sanitização de alimentos, como também um dos meios alternativos para prolongar a sua vida útil de produtos perecíveis. Este trabalho objetivou-se os efeitos do gás ozônio para a conservação pós colheita de cultivares de banana ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap Maeo’. O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia de Produto, na Pós Bio-Agro da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) Universidade Federal do Amazonas – UFAM, em Manaus-AM. O trabalho foi desenvolvido em 3 etapas, levando em consideração que todas elas receberam os tratamentos do gás ozônio nas doses: 0 (controle), 0,6, 1,5 e 3,3 g L<sup>-1</sup>. Na primeira etapa, foi verificado o efeito do tratamento com o gás ozônio (O<sub>3</sub>) na qualidade microbiológica das bananas, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, constituída por cinco tratamentos: O<sub>3</sub> e Hipoclorito de Sódio (1%), com três repetições cada um, e cada repetição foram feitas três diluições (10<sup>-1</sup>, 10<sup>-2</sup>, 10<sup>-3</sup>) para avaliar as Unidades Formadoras de Colônias (UFC): como a presença de *Salmonella* sp., contagem colônias de coliformes termotolerantes, bactérias aeróbias mesófilas e *Staphylococcus aureus* coagulase positivo. A avaliação foi em placas de Petri contendo meio específico para cada bactéria. Os dados obtidos foram convertidos em log de 10 e submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. No segundo experimento foi avaliado o efeito da exposição ao gás O<sub>3</sub> no controle da antracnose nos frutos. O delineamento foi em DIC, constituído por cinco tratamentos: O<sub>3</sub> e fungicida Nativo® (1,2mL L<sup>-1</sup>), com dez repetições, com dois frutos cada. Variáveis analisadas foram severidade, incidência e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Avaliação da severidade da doença foi realizada análise de regressão e comparada em níveis de significância pelo teste t a 5% de probabilidade; a incidência e a AACPD foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A na terceira e última etapa foi avaliado o efeito do O<sub>3</sub> no tempo de vida útil das bananas. O delineamento experimental utilizado foi em DIC, constituído por seis tratamentos: O<sub>3</sub>, Hipoclorito de Sódio (1%) e Nativo® (1,2mL L<sup>-1</sup>). Variáveis analisadas foram análise de sobrevivência com dez repetições; para o estudo da qualidade pós-colheita dos frutos, foram utilizadas quatro repetições nas avaliações iniciais e finais da vida útil. os frutos foram conservados em temperatura ambiente (27±2 °C e umidade relativa de 65±2%). Os dados coletados na aparência externa foram submetidos à análise de sobrevivência, com a aplicação do teste LogRank, pelo programa de estatística Sigmaplot 10 e os dados das análises pós-colheita foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas Análises de variâncias e teste Tukey foi utilizado software livre para estatística, Sisvar. Primeiro experimento, ouve somente a presença de UFC de bactérias aeróbia mesófilas e o ozônio não teve efeito significativo. Segundo experimento, ozônio na concentração 1,5 mg L<sup>-1</sup> teve a menor incidência no 5º dia de avaliação quando o fruto estava no 5º estágio (amarela com as pontas verdes) para ‘Pacovan’, nas concentrações 1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup> não ouve incidência e na concentração 0,6 mg L<sup>-1</sup> na ‘Thap maeo’. Terceiro experimento, o ozônio na concentração 3,3 mg L<sup>-1</sup> obteve o melhor resultado na ‘Pacovan’ e na ‘Thap maeo’, pois, elevou mais tempo de vida útil, e na ‘Prata foi a concentração 1,5 mg L<sup>-1</sup>. Com isso, o trabalho mostrou que ozônio tem a grande potencial como um método alternativo ao uso de agrotóxicos em bananas na pós-colheita.

**Palavras chaves:** *Musa* sp.; Tratamento alternativo; Antracnose; Amadurecimento

## ABSTRACT

Banana is one of the most consumed fruits in the world, however, there is a loss of a good part in the post-harvest, caused by lack of technical knowledge, with this, ozone is a great ally in the importance of the food sanitization process, as well as one of the alternative ways to extend your life of perishable products. The objective of this work was to test the effects of ozone gas for post-harvest conservation of 'Pacovan', 'Prata' and 'Thap Maeo' banana cultivars. The experiment was carried out at the Product Technology Laboratory, at Post Bio-Agro, Faculty of Agricultural Sciences (FCA) Federal University of Amazonas – UFAM, in Manaus-AM. The work was developed in 3 stages, taking into account that all of them received ozone gas treatments in doses: 0 (control), 0.6, 1.5 and 3.3 g L<sup>-1</sup>. In the first stage, the effect of treatment with ozone gas (O<sub>3</sub>) on the microbiological quality of bananas was verified, the experimental design was completely randomized, consisting of five treatments: O<sub>3</sub> and Sodium Hypochlorite (1%), with three replications each. , and each repetition were made three dilutions (10<sup>-1</sup>, 10<sup>-2</sup>, 10<sup>-3</sup>) to evaluate the Colony Forming Units (CFU): such as the presence of *Salmonella* sp., counting colonies of thermotolerant coliforms, mesophilic aerobic bacteria and Coagulase positive *Staphylococcus aureus*. The evaluation was in Petri dishes containing specific medium for each bacteria. The data obtained were converted into a log of 10 and submitted to analysis of variance and means compared by Tukey test at 5% probability. In the second experiment, the effect of exposure to O<sub>3</sub> gas on the control of anthracnose in fruits was evaluated. The design was in DIC, consisting of five treatments: O<sub>3</sub> and Nativo® fungicide (1.2mL L<sup>-1</sup>), with ten replications, with two fruits each. Variables analyzed were severity, incidence and area under the disease progress curve (AUDPC). Assessing the severity of the disease was performed by regression analysis and compared at significance levels by the t test at 5% probability; incidence and AUDPC were subjected to analysis of variance and means compared by Tukey test at 5% probability. In the third and last stage, the effect of O<sub>3</sub> on the shelf life of bananas was evaluated. The experimental design used was in DIC, consisting of six treatments: O<sub>3</sub>, Sodium Hypochlorite (1%) and Nativo® (1.2mL L<sup>-1</sup>). Variables analyzed were survival analysis with ten repetitions; to study the postharvest quality of the fruits, four replicates were used in the initial and final evaluations of shelf life. the fruits were preserved at room temperature (27±2 °C and relative humidity of 65±2%). The data collected in the external appearance were submitted to survival analysis, with the application of the LogRank test, by the Sigmaplot 10 statistical program, and the data from the post-harvest analyzes were submitted to the variance analysis and the means were compared by the Tukey test at 5 % probability. All analysis of variances and Tukey test was used free software for statistics, Sisvar. First experiment, hear only the presence of CFU from mesophilic aerobic bacteria and ozone had no significant effect. According to the experiment, ozone at the concentration 1.5 mg L<sup>-1</sup> had the lowest incidence on the 5th day of evaluation when the fruit was in the 5th stage (yellow with green tips) for 'Pacovan', at the concentrations 1.5 and 3.3 mg L<sup>-1</sup> does not hear incidence and at the concentration 0.6 mg L<sup>-1</sup> in 'Thap maeo'. Third experiment, ozone at 3.3 mg L<sup>-1</sup> concentration obtained the best result in 'Pacovan' and 'Thap maeo', as it increased the shelf life longer, and in 'Prata it was 1.5 mg L<sup>-1</sup> concentration. Thus, the work showed that ozone has great potential as an alternative method to the use of pesticides on post-harvest bananas.

**Keywords:** *Musa* sp.; Alternative treatment; Anthracnose; Ripening

## LISTRA DE FIGURAS

- Figura 1. Procedimento para o preparo das diluições..... 27
- Figura 2. Escala diagramática para avaliar severidade de antracnose em bananas, onde os valores refletem em percentagem na região lesionada/fruto. (Moraes et al., 2008)..... 28
- Figura 3. Escala de maturação de banana, por Von Loesecke (1950) e adaptado por PBMH e PIF (2006)..... 32
- Figura 4. Análise de regressão com valores de nível de severidade % (Antracnose) nos frutos de bananas das variedades ‘Pacovan’ (A), ‘Prata’ (B) e ‘Thap maeo’ (C) tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0,6, 1,5 e 3,3 ppm ou  $\text{mg L}^{-1} - \text{O}_3$ ), fungicida comercial ( $1,2 \text{ mL L}^{-1}$ ), em condições de conservação ambiente ( $27 \pm 2^\circ \text{C}$  e  $65 \pm 2\% \text{ UR}$  por durante 9 dias. Utilizou-se a equação do 2º grau. Significativo  $p < 5\%$  (\*) e não significativo (ns) para o teste t. .... 37
- Figura 5. Análise de sobrevivência (vida-útil) de frutos de bananas das variedades ‘Pacovan’ (A), ‘Prata’ (B) e ‘Thap maeo’ (C) tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0,0, 0,6, 1,5 e 3,3 ppm ou  $\text{mg L}^{-1}$ ), Nativo® ( $1,2 \text{ mL L}^{-1}$ ) e hipoclorito de sódio (1%), em condições de conservação ambiente ( $27 \pm 2^\circ \text{C}$  e  $65 \pm 2\% \text{ UR}$ . ..... 46

## LISTRA DE TABELAS

- TABELA 1. Escala de maturação de Von Loesecke dos frutos de banana..... 30
- TABELA 2. Unidade formadora de colônias de bactérias aeróbias mesófilas partir detectadas em amostras das cascas de das variedades ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’ tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0, 0,6, 1,5 e 3,33 mg L<sup>-1</sup>), e hipoclorito de sódio (NaClO – 1%). ..... 33
- TABELA 3. Incidência de antracnose no quinto estágio de maturação das cultivares de bananas ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’, tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0, 0,6,1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>), e Nativo® (1,2mL L<sup>-1</sup>), em condições de conservação ambiente (27 ± 2 °C e 65 ± 2% UR). ..... 35
- TABELA 4. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em variedades das bananas ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’, tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0, 0,6,1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>), e Nativo® (1,2mL L<sup>-1</sup>), em condições de conservação ambiente (27 ± 2 °C e 65 ± 2% UR). ..... 36
- TABELA 5. Extravasamento de eletrólitos (EE, %), pH, sólidos solúveis (SS, %), acidez titulável (AT %), relação SS/AT, cor, perda da massa acumulada (PMA, %), perda da massa diária (PMD, %) e firmeza ‘N’ em de frutos de bananas das variedades ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’ tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0,0, 0,6,1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>), Nativo® (1,2 ml L<sup>-1</sup>) e hipoclorito de sódio (1%), em condições de conservação ambiente (27 ± 2 °C e 65 ± 2% UR). ..... 43
- TABELA 6. Análise de sobrevivência (vida-útil) de frutos de bananas das variedades ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’ tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0,6,1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>), Nativo® (1,2 ml L<sup>-1</sup>) e hipoclorito de sódio (NaClO - 1%), em condições de conservação ambiente (27 ± 2 °C e 65 ± 2% UR)..... 47
- TABELA 7. Análises de variância Log de UFC mL<sup>-1</sup> de bactérias aeróbias mesófilas, formadas de a partir amostras das cascas de bananas no estágio 2 (verdes com traços amarelos) das variedades ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’ tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0,0, 0,6, 1,5 e 3,33 mg L<sup>-1</sup>), e Hipoclorito de sódio (NaClO – 1%). ..... 57
- TABELA 8. Análises de variância sob avaliação no estágio 5 (amarelo com ponta verde) coletado no 5º dia para Incidência de Antracnose e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) até 9º dia sob as variedades das bananas ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’, tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0,0, 0,6,1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>), e Nativo® (1,2mL L<sup>-1</sup>), em condições de conservação ambiente (27 ± 2 °C e 65 ± 2% UR). ..... 57
- TABELA 9. Resumo da análise de variância para as variáveis: Extravasamento de eletrólitos (EE, %), pH, Sólidos solúveis (SS), Acidez Titulável (AT), relação SS/AT, Maturação (Cor), perda da massa acumulada (PMA, %), perda da massa diária (PMD, %) e Firmeza do fruto inteiro. Polpa (P) e casca (C). Bananas ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap Maeo’ tratadas com ozônio (0,6, 1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>), fungicida comercial (1,2 ml L<sup>-1</sup>) e hipoclorito de sódio (1%), no início e no fim do período de conservação ambiente (27 ± 2 °C e 65 ± 2% UR). ..... 58

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Geral .....	16
2.2. Específicos .....	16
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	16
3.1. Importância econômica da banana .....	16
3.2. Variedades Cultivadas.....	18
3.3. Fatores que influenciam a conservação e qualidade pós-colheita.....	19
3.3.1. Microrganismos patogênicos – <i>Salmonella</i> sp., Coliformes Termotolerantes, bactérias aeróbias mesófilas e <i>Staphylococcus aureus</i> .....	19
3.3.2. Antracnose da banana – <i>Colletotrichum musae</i> .....	20
3.4. Alterações físico-químicas e bioquímicas após a colheita .....	21
3.5. Ozônio como método alternativo de conservação pós-colheita .....	22
3.5.1. Ozônio no controle de microrganismo patogênicos isso não é uma revisão sobre este tópico. Tem que melhorar .....	23
3.5.2. Ozônio no controle de microrganismos fitopatogênicos .....	24
3.6. Ozônio na vida-útil e qualidade pós-colheita dos frutos .....	25
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	25
4.1. Material vegetal .....	25
4.2. Aplicação do gás ozônio.....	26
4.3. Experimento 1: Inibição de bactérias patogênicas em bananas ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap Maeo’ tratadas com ozônio .....	26
4.3.1. Análises microbiológicas .....	26
4.3.2. Preparo das amostras .....	26
4.3.3. Cultivo.....	27
4.3.4. Contagem das colônias e cálculo dos resultados .....	27
4.3.5. Delineamento Experimental .....	28
4.3.6. Análises estatísticas.....	28

4.4. Experimento 2: Controle da antracnose em bananas submetidas ao tratamento em atmosfera com ozônio.....	28
4.4.1. Avaliações .....	28
4.4.2. Delineamento Experimental .....	29
4.4.3. Análises estatísticas.....	29
4.5. Experimento 3: Vida útil de bananas tratadas em atmosfera com ozônio.....	29
4.5.1. Avaliações .....	29
4.5.2. Delineamento Experimental .....	32
4.5.3. Análises estatísticas.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
5.1. Experimento 1: Inibição de bactérias patogênicas em bananas ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap Maeo’ tratadas com ozônio .....	33
5.2. Experimento 2: Controle da antracnose em bananas submetidas ao tratamento em atmosfera com ozônio.....	34
5.3. Experimento 3: Vida-útil das bananas ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo submetidas aos tratamentos: cloro, ozônio e fungicida .....	38
6. CONCLUSÃO .....	48
7. REFERÊNCIAS .....	48
8. ANEXOS.....	57

## 1. INTRODUÇÃO

A banana é uma fruta de grande importância na economia dos países tropicais, sendo apreciada pelo seu sabor, facilidade de consumo e baixo custo de aquisição, além de ser fonte de energia, vitaminas e minerais (ISRAELI e LAHAV, 2017; ALMEIDA e GHERARDI, 2018).

A banana ocupa posição de destaque no *ranking* mundial de produção de frutas (115 milhões de toneladas) (FAOSTAT, 2020a). Em 2020, o Brasil se tornou um dos 4 países com maior produção de banana a nível mundial, produzindo em torno de 7 milhões de toneladas (t). Os destaques na produção por região seguem a seguinte sequência: Sudeste (2,36 milhões de t), Nordeste (2,30 milhões de t), Sul (0,91 milhões de t); Norte (0,85 milhões de t) e Centro-Oeste (0,29 milhões de t) (IBGE, 2021).

A região Norte contribuiu com apenas 12,7% da produção nacional em 2020 (IBGE, 2021). A baixa produção nessa região se deve ao fato de que o cultivo da banana é realizado por pequenos produtores que não dispõem, muitas vezes, de recursos e informações sobre as principais tecnologias de produção, usadas para essa cultura. Ainda, o que é produzido acaba não chegando na mesa do consumidor final, por consequências das perdas pós-colheita. No Amazonas o manuseio e transporte da banana ocorre a granel sobre embarcações e carrocerias de caminhões, muitos deles cobertos por lonas, ficando os frutos susceptíveis a danos mecânicos (CARVALHO et al., 2015). Esses danos resultam em alterações fisiológicas, tais como mudança de cor e sabor, aceleração do amadurecimento, aumento na perda de peso e maior atividade enzimática (MAIA et al., 2011). Todos esses fatores isolados ou em conjunto que diminuem a vida útil dos frutos. Além disso, o manuseio inadequado causando injúrias, consequentemente favorecendo a contaminação e proliferação de microrganismos como patogênicos e fitopatogênicos, principalmente, quando os frutos estão maduros.

A produção pode ser perdida na fase pós-colheita até 40% devido a doença antracnose causada pelo fungo *Colletotrichum musae* (COELHO et al., 2010; FERNANDES et al., 2018). Além disso, as frutas podem veicular microrganismos patogênicos, causadores de doenças em humanos como coliformes, *Salmonella* e *Staphylococcus aureus*, por manuseios inadequados (ROCHA et al., 2015; SILVA e VIEIRA, 2017).

Os métodos mais comuns de controle tomam como base defensivos agrícolas aplicados em microrganismos fitopatogênicos e sanitizantes para aqueles patogênicos,

sendo o cloro o ingrediente ativo como maior utilização comercialmente (FREITAS SILVA et al., 2013; REIS et al., 2013).

Existem poucos produtos registrados pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) por espécie vegetal para controlar as doenças de pós colheitas em nível comercial. Dessa forma, o uso descontrolado desses produtos fitossanitários, não respeitando as recomendações das dosagens ou o período de carência (corresponde o tempo entre a última aplicação e a colheita), é uma das causas fundamentais para o risco químico: caracterizado pela presença de resíduos dos defensivos agrícolas acima dos limites máximos aceitáveis pela legislação (JALLOW et al., 2017).

A existência de poucos defensivos agrícolas registrados no MAPA induz ao uso dos mesmos princípios ativos por parte dos produtores, o que pode resultar em cepas resistentes, obrigando-os a aumentar as dosagens do produto. Desse modo, o princípio ativo usado rotineiramente não consegue mais controlar os microrganismos resistentes, gerando o risco químico (uso excessivo do defensivo) e biológico (resistência do fitopatógeno) (SANTOS et al., 2011).

A Agência de Defesa Agropecuária e Florestal do Amazonas – ADAF, atribuído pela através da Gerência de Agrotóxicos e Insumos Veterinários – GAIV é responsável de cadastrar novos defensivos agrícolas, fazer registros de estabelecimentos comerciais, e fiscalizar as vendas e o consumo, seguindo a legislação sob os defensivos agrícolas. Existe uma relação de defensivos autorizados pela ADAF para vendas e sua validade, que pode ser encontrado pela plataforma online (ADAF, 2021). Os ingredientes ativos Tebuconazol (classe toxicológica II) e Propiconazol (classe toxicológica III), podem ser encontrados nessa lista de defensivos controlado pela ADAF. De acordo com os trabalhos realizados pela Sponholz, et al., (2004), esses ingredientes ativos reduziram a antracnose da banana.

Adendo a isso, o hipoclorito de sódio usado na solução de tratamento contra patógenos em frutas, pode gerar subprodutos prejudiciais à saúde humana (KASNOWSKI et al., 2010). Este sanitizante tem baixa eficiência na aplicação nos biofilmes microbiológicos, eles acabam tendo a capacidade de persistir e sobreviver mesmo após a sanitização, tornando fonte de contaminação em alimentos e com isso ocorrendo perdas econômicas, além do risco para a saúde humana (OLIVEIRA et al., 2010).

Para assegurar a qualidade das frutas consumidas *in natura*, ainda persiste a demanda por tratamentos que, além de serem eficientes no controle das podridões pós-

colheita e de microrganismos patogênicos, sejam eficazes em diminuir os riscos químicos e biológicos.

O ozônio (O<sub>3</sub>) é uma alternativa para manter a qualidade das frutas consumidas *in natura*, por causa que ele é um forte oxidante com baixo poder residual, sendo um método desinfetante alternativo, livre de resíduos tóxicos, usado para sanitização de alimentos, como frutos e hortaliças em geral (GLOWACZ et al., 2014).

O ozônio é o oxigênio triatômico e é formado quando o oxigênio molecular (O<sub>2</sub>) reage com um radical livre de oxigênio. Possui um cheiro pungente característico e em temperatura normal, é um gás azul quando gerado a partir do ar seco, mas incolor quando gerado a partir de oxigênio de alta pureza. Independentemente da fonte de geração, para concentrações normalmente produzidas, inclusive para processamento de alimentos, a cor não é detectada. Tem um maior potencial de oxidação-redução em comparação com o cloro. Como um gás, o ozônio se decompõe rapidamente à temperatura ambiente, mas tem uma meia-vida maior no estado gasoso do que no estado dissolvido, o ozônio é um gás de decomposição rápida que se desintegra em oxigênio atmosférico, não deixando resíduos próprios. Pelo contrário, foi relatado que reduz os resíduos químicos em alimentos de aplicações de inseticidas e fungicidas (ASLAM et al., 2020).

Estudos têm mostrado que o ozônio inibe o crescimento de microrganismos patogênicos e fitopatogênicos em diversos vegetais (SILVA NETO et al., 2019; SIMÃO e RODRIGUEZ, 2009; ANTOS et al., 2018). O ozônio também pode oxidar o etileno, hormônio responsável pelo amadurecimento, liberado pelos frutos, reduzindo sua concentração ou até eliminando esse hormônio das câmaras de armazenamento, podendo retardar o amadurecimento e, por consequência, aumentar a vida útil dos vegetais (GLOWACZ et al., 2014; HUANG et al., 2016).

Diante deste contexto, a presente proposta tem por objetivo estudar o efeito do ozônio na conservação pós-colheita de bananas, no sentido de reduzir a contaminação por microrganismos (patogênicos e fitopatogênicos) para qualidade saúde alimentar e no aumento da vida útil dos frutos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Avaliar o efeito do ozônio na conservação pós-colheita de banana.

### **2.2. Específicos**

Avaliar o efeito de diferentes concentrações do ozônio no controle de microrganismos patogênicos em bananas;

Analisar o efeito de diferentes concentrações do ozônio no controle pós-colheita da antracnose em bananas;

Avaliou o efeito de diferentes concentrações do ozônio na qualidade e vida-útil de bananas.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1. Importância econômica da banana**

A banana é a principal fruta produzida no mundo com uma produção de 115 milhões de toneladas, seguido da melancia (104 milhões de t), maçã (86 milhões de t) e laranja (75 milhões de t), que juntas correspondem a 53% da produção mundial de fruta, e somente a banana equivale a 13,3% desta produção (FAOSTAT, 2020a).

De acordo com a FAOSTAT, em 2018, os países que mais produziram banana foram Índia (30,8 milhões de t), China (11,6 milhões de t), Indonésia (7,3 milhões de t), Brasil (6,7 milhões de t), Equador (6,5 milhões de t) e Filipinas (6,1 milhões de t). O Brasil é o quarto país que mais produz esta fruta, aproximadamente 5,8% da produção mundial (FAOSTAT, 2020b).

O consumo médio de banana no Brasil, está em torno de 26 Kg/ano por pessoa (MDIC, 2019). O seu baixo valor de mercado e a sua importância nutricional justificam o alto consumo dessa fruta. Em contrapartida, a sua exportação é baixa, representando menos de 1% do comércio mundial (LIMA, 2017), devido a maior parte da produção nacional ser realizada por pequenos produtores, que não possuem tecnologia suficiente para atender as exigências do mercado externo.

Em 2020, o Brasil produziu cerca de 6,72 milhões de toneladas de banana, numa área equivalente a 457 mil hectares. A banana é produzida em todas as regiões do país,

sendo a região Sudeste que mais produziu no ano referente (2,36 milhões de t. em 137 mil ha.), seguido das regiões Nordeste (2,30 milhões de t. em 176 mil ha.), Sul (0,91 milhões de t. em 49 mil ha.), Norte (0,85 milhões de t. em 73 mil ha.) e Centro-Oeste (0,29 milhões de t. em 21 mil ha.) no ano referente (IBGE, 2021).

São Paulo foi o único Estado que ultrapassou mais de um milhão de toneladas de produção de banana no ano de 2020, em torno de 1,04 milhões de t. em 50,5 mil ha. Na região Norte, o Pará se destacou com 47,6% da produção de banana, seguido por Roraima (13,7%) e Amazonas (12,9%) correspondente à produção total na região em 2020 (IBGE, 2021).

Conforme o levantamento de dados de produção do ano 2020 pelo IBGE, o estado do Amazonas, produziu 109,9 mil toneladas de banana em uma área equivalente a 7,9 mil hectares, correspondendo a 13,83 t/ha (IBGE, 2021). Rio Preto da Eva e Presidente Figueredo são os municípios que se destacam na produção desta cultura no Estado, por ter maior facilidade para escoar a sua produção para Manaus, principal mercado consumidor do Estado (SOUZA, 2019).

Após colhidas, as bananas são manuseadas de forma inapropriada, transportadas a granel, sobre embarcações e carrocerias de caminhões, muitos deles cobertos por lonas, ficando susceptíveis a danos mecânicos. O armazenamento ocorre sem controle de temperatura e umidade, sem sanitização e sem padronização (frutos sadios com doentes, estágios de maturação diferentes etc.). Esses fatores, isolados ou em conjunto, favorecem o aumento das perdas pós-colheita de bananas no estado do Amazonas, contribuindo para a menor disponibilidade dessa fruta no comércio da região (CARVALHO et al., 2015; EMBRAPA, 2016).

Apesar do montante de banana produzida pelo Amazonas, boa parte não chega à mesa do consumidor, por causa das perdas durante coleta, transporte e armazenamento com manuseio inadequado, muitas vezes por falta de conhecimento técnico, com isso, acaba perdendo antes do consumidor final (SOUZA et al., 2021). Dessa forma, para atender a demanda interna, é necessário importar bananas de Estados vizinhos. Roraima é um dos estados que mais abastece o Amazonas (CARVALHO et al., 2015).

### 3.2. Variedades Cultivadas

Existem muitas variedades de banana no Brasil, porém alguns fatores como produtividade, resistência a pragas e doenças, influenciam no seu potencial agrícola (NERIS et al., 2018).

Dentre as variedades de banana mais cultivadas no país, para o mercado interno, destacam-se: Prata, Prata-Anã, Pacovan, Maçã, Thap Maeo e D'Angola; e para o mercado externo: as variedades Nanica, Nanicão e Grande Naine (SEBRAE, 2017). As cultivares Pacovan e Prata são as responsáveis de aproximadamente 60% de área cultivada em relação a outras cultivares desta cultura no Brasil (CASTILHO et al., 2014).

**Pacovan** – A banana Pacovan é uma fruta vastamente encontrada na região Norte e Nordeste do Brasil, destacando-se a Bahia como principal produtor, onde o seu consumo culinário se limita em frita e cozida (PONTES, 2009). Conhecida também, dependendo da região, como “banana-comprida, chifre de boi e banana-da-terra”, oriunda da África, é uma espécie de grande porte, pesando aproximadamente 500 g cada fruta e comprimento de 25 cm, produz em torno de 20 t/ha. Podendo a chegar a 6 a 7 m de altura. Os cachos a 25 Kg com dez pencas, em média. Essa banana com a característica achatada em um dos lados, casca amarela escura, a polpa bastante consistente, com a cor rosada e textura macia e compacta, rica em amido, o que torna essa fruta, para culinária (LEITE, 2001; EMBRAPA, 2007).

**Prata** – Possui porte alto, chegando de 4 a 6 m, os cachos de 9 a 12 Kg com 7 a 8 pencas. Cada fruto com peso em torno de 100 g com tamanho médio de 10 a 13 cm, extremidades pronunciadas, a casca muito fina, cor amarelo ouro e proporcionam sabor agradável. Produz em média de 11,1 a 43,8 t/ha. É suscetível à Sigatoka amarela e negra e também ao Moko, medianamente susceptível ao Mal-do-panamá, certa resistência aos nematoides e a broca (MANICA, 1998; LEITE, 2001).

**'Thap Maeo'** - É uma cultivar seletiva no Brasil pela Embrapa Mandioca e Fruticultura em Cruz das Almas-BA, derivada da Mysore (oriunda da Tailândia). Por ser uma planta rustica, com a capacidade de se adaptar em solos com baixa fertilidade, obtendo produtividade entre 25 a 35 t/ha, no primeiro ciclo. Apresenta frutos de tamanho e formato semelhante aos da cultivar "Maçã" e quando maduros possuem a casca bastante amarela, polpa com a cor creme, sabor levemente ácido e devem ser consumidos bem maduros. O pseudocaule tem a coloração verde claro, arroxeadado e as bordas dos pecíolos e das folhas

avermelhadas. É recomendada por apresentar resistência à Sigatoka negra e também à Sigatoka amarela e mal-do-Panamá (EMBRAPA, 2000; DA SILVA et al., 2013).

### **3.3.Fatores que influenciam a conservação e qualidade pós-colheita de banana**

#### **3.3.1. Microrganismos patogênicos – *Salmonella* sp., Coliformes Termotolerantes, bactérias aeróbias mesófilas e *Staphylococcus aureus***

Frutas e hortaliças normalmente são consumidas *in natura* e desta maneira, pode ocorrer contaminação por microrganismos patogênicos. O risco pode ser aumentado após a colheita por contaminação direta ou pela disseminação de patógenos existentes durante o processamento e manuseio pós-colheita (SÃO JOSÉ e SILVA, 2014).

A *Salmonella* se divide em espécies *S. enterica* e *S. bongori*, a qual que se divide nas espécies *S. flexneri*, *S. boydii*, *S. dysenteriae*, *S. Sonnei*, essas bactérias fazem parte da família *Enterobacteriaceae* (SCHROEDER e HILBI, 2008). São as que geralmente causam doenças transmitidas por alimentos, às vezes chamada de "intoxicação alimentar". Durante os últimos anos, surtos de *Salmonella* têm sido associados em alimentos *in natura* vegetais (frutos e hortaliças), frango, ovos, e muitos outros alimentos (SHARMA, 2013). Souza et al. (2016) avaliaram a contaminação por *Salmonella* sp. em manga, abacaxi, mamão e maracujá, porém encontraram contaminação por essa bactéria somente em mamão (~5% dos frutos contaminados).

A presença de coliformes termotolerantes nos frutos indica que há contaminação, pois, *Escherichia coli* não é componente da microflora natural em alimentos frescos, no entanto, tem a ver com resultantes das práticas inadequadas de higiene e falta de padronização na preparação dos mesmos. Coliformes totais são as bactérias com características de bastonetes Gram-negativos, responsáveis de fermentar lactose e produzir gás a 35 °C em 24 a 48 horas, aeróbios ou anaeróbios facultativos, e não esporogênicos. Os coliformes termotolerantes, que fermentam a lactose que produz gás em 24 horas entre 44,5 a 45,5 °C (ALVES et al., 2018). Souza et al. (2020) avaliaram frutos de manga, maracujá e abacaxi em feiras públicas do Macapá-AP e encontraram coliformes fecais em todas amostras coletadas.

As bactérias aeróbias mesófilas, elas são uteis para determinar a qualidade sanitária sobre os alimentos, caso se estiver a sua presença se implica contaminação por

patógenos e também pode ser indicado na vida útil de prateleira na questão deterioração dos alimentos (PARK e KIM, 2013).

*Staphylococcus aureus* é um microrganismo difícil de eliminação, que pode colonizar diversos ambientes, fazendo parte da microbiota usual na pele, garganta e narinas de seus hospedeiros vertebrados. É um coco Gram-positivo aeróbico ou anaeróbico facultativo que produz fermentação láctica e a catalase e a coagulase positiva. Esta bactéria pode ser encontrada em alimentos, equipamentos ou manipuladores crus e pode passar a outros alimentos por contaminação cruzada, embora precise multiplicar até atingir concentrações de  $10^5$  UFC/g para produzir a toxina e causar doenças (ZAPATA, 2014).

Bruno et al. (2005) observaram a presença de *S. aureus* coagulase positiva acima de  $10^2$  UFC/g, na macaxeira. Em pesquisa realizada em São Luís - MA com diferentes frutas e hortaliças minimamente processadas verificou-se a presença de  $10^2$  UFC/g de *S. aureus* (FERREIRA et al., 2003).

### **3.3.2. Antracnose da banana – *Colletotrichum musae***

O fungo *C. musae* é o agente causal da antracnose, é um dos principais fungos que causam doenças pós-colheita em banana, levando a perdas significativas de até 40% da produção (ZOEIR et al., 2017). A infecção causada por *C. musae* inicia-se, no campo, em frutos verdes, e o desenvolvimento da doença ocorre durante o amadurecimento, na forma de pequenas lesões, podendo formar grandes áreas necróticas e deprimidas (PESSOA e OLIVEIRA, 2006; NEGREIROS et al., 2013).

Os conídios, em contato com a água, germinam formando o apressório em quatro horas e a penetração após 24 a 72 horas. A infecção deste fitopatógeno ocorre quando os frutos estão verdes (presença de taninos) e permanece quiescente até a maturação dos mesmos, nessa fase se dá o início do desenvolvimento dos sintomas, pois, quando maduros a casca não terá mais taninos que são inibidores da formação da colonização deste fitopatógeno (CHIARANI, 2016). A deterioração da pectina da parede celular torna o fruto susceptível a entrada de fitopatógenos, essa degradação é natural decorrente a maturação do fruto causado pela enzima pectinametilesterase, conseqüentemente reduzindo a firmeza do fruto (SILVIA, R. P. et al., 2020).

Os fungicidas comerciais são, tradicionalmente, os principais métodos de controle da antracnose em banana. Os grupos químicos registrados pelo MAPA para controlar o

*Colletotrichum*, são: Ditiocarbamato+inorgânico, Ditiocarbamato, Benzimidazol, Estrobilurina, Midazolilcarboxamida, Triazol e Imidazol. Contudo, o uso de produtos sintéticos estão cada vez mais limitados em virtude dos riscos químicos que esses produtos oferecem ao ambiente e a saúde humana (VILAPLANA et al., 2018).

No Amazonas, ADAF por através da sua GAIV é responsável pelo controle de fungicida no Estado. Conforme a Legislação Federal sobre o uso dos defensivos: Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989; Decreto nº 4.074 publicado em 4 de janeiro de 2002; Atos: nº 104, de 20 de novembro de 2017 e nº 108, de 28 de novembro de 2017. Legislação Estadual de defensivos: Lei dos Agrotóxicos nº 3.803 de 29 de agosto de 2012 e Lei nº 4.602, de 22 de maio de 2018, republicada em 20 de junho de 2018. Decreto nº 36.107 republicado 14 de dezembro de 2015 (Regulamenta a Lei Nº 3.803/2012); Portaria ADAF nº 221, de 30 de setembro de 2016 (ADAF, 2021). Fungicidas registrados pela ADAF no Amazonas e utilizados em bananas com vencimento até 2022, nome comercial (ingrediente ativo): Argenfrut RU (Óleo mineral); Azimut (Azoxistrobina, tebuconazol); Azoxistrobin Nortox (Azoxistrobina); Azoxistrobina C CAB 250 SC (Azoxistrobina) e outros.

### **3.4. Alterações físico-químicas e bioquímicas após a colheita**

Por ser um fruto climatérico, a banana apresenta respiração muito ativa, responsável por uma série de transformações bioquímicas e fisiológicas durante a maturação. O amadurecimento dos frutos climatéricos ocorre de forma rápida, devido ao aumento da taxa respiratória e conseqüentemente a produção de etileno, seguido pelo declínio marcante no início da senescência (NERIS et al., 2018).

O amadurecimento da banana é resultado da regulação transcricional que está associada com aumento na taxa respiratória e síntese auto catalítica de etileno. A ação do etileno resulta da maturação do fruto, acelerando a deterioração e redução da vida útil pós-colheita. O pico do climatério desencadeia várias mudanças fisiológicas e físico-químicas: convertendo o amido em açúcares, degradação enzimática dos carboidratos estruturais e degradação da clorofila, com isso, afetando os atributos organolépticos da fruta, como o valor comercial, pois é necessário ser controladas para minimizar as perdas (LIU et al., 2013; YAN et al., 2019; MORENO et al., 2021).

Em nível de comércio, o amadurecimento dos frutos da banana deve ser controlado pela modificação do ambiente, incluindo temperatura, umidade relativa, concentração de etileno e inibidores de etileno. As condições ideais para armazenamento são comuns usar em temperaturas acima de 15 ° C e umidade relativa de 92%. No entanto, a vida útil também depende tipo de variedade, independentemente das condições ambientais pós-colheita (NUNES et al., 2013; ZHU et al., 2018; MORENO et al., 2021).

As principais mudanças decorrentes do amadurecimento dos frutos são:

1) Transição da cor verde para amarela da casca, devido a degradação da clorofila e/ou síntese de carotenoides;

2) Alteração do sabor devido ao aumento no teor de sólidos solúveis (acúmulo de glicose, frutose e sacarose) em decorrência da degradação do amido, e também, do acúmulo dos ácidos orgânicos (ácido málico, no caso da banana) na respiração. A relação entre teor dos sólidos solúveis e de ácidos orgânicos (SS/AT) caracterizam o sabor das frutas (MORAES et al., 2006);

3) O amido é convertido em açúcares, resultando, por troca osmótica em transferência da água da casca para a polpa, esse armazenamento faz com que a casca diminua a sua espessura (NERIS et al., 2018);

4) Redução no teor de compostos fenólicos (principalmente taninos), caracterizando redução na adstringência dos frutos (CARDOSO, 2012);

5) A firmeza da polpa diminui à medida que o amadurecimento aumenta, devido à degeneração da parede celular, ocasionando o amaciamento dos tecidos (MORAES et al., 2006).

### **3.5. Ozônio como método alternativo de conservação pós-colheita**

O ozônio é altamente reativo com uma meia-vida variando de 15 a 30 minutos, degradado em O<sub>2</sub> que não apresenta atividade residual. A meia-vida do ozônio na água destilada em 20 °C é geralmente considerado de 20 a 30 min (KHADRE et al., 2001; CULLEN et al., 2009). O ozônio pode ser aproveitado em pré-armazenamento, no ar ou na água ou aplicado em câmeras de armazenamento, podendo ser contínua ou intermitente, no decorrer do período que os vegetais serão conservados (COELHO et al., 2015).

A ozonização tem sido sugerida como um antimicrobiano eficaz para superfícies e equipamentos, no processamento de água e alimentos (SAPERS, 2001; NOVAK e

YUAN, 2007). O gás ozônio possui um amplo espectro de ação, atuando sobre vírus, bactérias, fungos, leveduras e formas esporuladas (KIM et al., 1999; ALENCAR, 2009). A maioria dos microrganismos patogênicos é suscetível aos efeitos do ozônio, onde o mesmo tem atuação na oxidação das membranas celulares (KIM et al., 1999).

Tais benefícios tornam a ozonização uma utilização bem aceita como método alternativo no controle de fungos e insetos em sementes e grãos armazenados (KIM et al., 2003; YOUNG et al., 2006; BRANDANI, 2014). Assim, em 2001, a *Food Drug Administration* (FDA) aprovou o uso de ozônio como agente antimicrobiano em alimentos.

Na literatura existem relatos que descrevem o efeito do ozônio sobre microrganismos, entre eles, fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Colletotrichum* spp., *Fusarium*, *Geotrichum*, *Myrothecium*, *Alternaria* e *Mucor* (RAILA et al., 2006; WU et al., 2006; ZOTTI et al., 2008; SILVA NETO et al., 2019), além de vírus, protozoários e bactérias (KHADRE et al., 2001; AGUAYO et al., 2006; WHANGCHAI et al., 2006).

### **3.5.1. Ozônio no controle de microrganismo patogênicos isso não é uma revisão sobre este tópico. Tem que melhorar**

O ozônio é um dos sanitizantes reativos mais fortes, com capacidade de oxidação-redução, ataca proteínas, lipídios insaturados e enzimas respiratórias nas membranas celulares, enzimas e ácidos nucléicos no citoplasma, nos revestimentos de esporos e capsídeos de microrganismos patogênicos (KHADRE et al., 2001). O principal alvo do ozônio é a superfície celular, onde ocorre a degradação dos lipídios insaturados do envoltório celular, seguida do extravasamento do conteúdo celular das células bacterianas (WANG et al., 2019).

Existem muitos trabalhos com aplicação do ozônio no controle de patógenos para alimentos de origem animal, com a capacidade sanitizante, controlando os microrganismos. No entanto, é restrito o número de trabalhos com o uso de ozônio no controle de microrganismos patogênicos em vegetais

Preste (2007) avaliou a eficácia do ozônio, nas concentrações de 1 e 1,5 mg L<sup>-1</sup>, como sanitizante em alface, mostrando desempenho comparado ao cloro na redução das populações de coliformes totais, bolores e leveduras. Dessa forma, o ozônio sendo eficaz, sendo uma alternativa mais eficiente, pois, não deixa resíduos tóxicos.

Yeoh et al. (2014) estudaram a aplicação do ozônio em mamão minimamente processado e verificaram que houve redução na contaminação de microrganismos, sendo o tratamento mais efetivo em coliformes fecais.

### **3.5.2. Ozônio no controle de microrganismos fitopatogênicos**

Sobre o controle de doenças fitopatogênicas existem bastante trabalhos usando o ozônio como um método alternativo, exemplos de controle de antracnose na pós-colheita, como o trabalho de Ong et al. (2013) verificaram que a aplicação de diferentes concentrações (0,04; 1,6; e 4,0 mg L<sup>-1</sup>) do ozônio inibiram o desenvolvimento do micélio de *Colletotrichum* sp. em mamão por 48 horas. A concentração de 4 mg L<sup>-1</sup> de ozônio foi a que apresentou melhor resultado, inibindo no período de 96 horas, o micélio do fungo (92% de inibição).

Silva Neto et al. (2019) estudando ozônio na conservação pós-colheita de mamão concluíram que o ozônio foi efetivo tanto quanto o fungicida comercial em reduzir a severidade da antracnose a curto prazo, indicando efeito fungistático na concentração de 3,3 mg L<sup>-1</sup> e a longo prazo na concentração de 1,5 mg L<sup>-1</sup> de ozônio.

A ação da sanitização pelo ozônio se dá, provavelmente, devido ao contato do gás dissolvido na água com a cutícula do fruto, atingindo o micélio quiescente de *Colletotrichum* sp. Os fitopatógenos causadores da antracnose geralmente infectam os frutos no campo, penetrando através da cutícula e permanecendo em estado quiescente até o surgimento de condições adequadas para o seu desenvolvimento (KUO, 1999). Sendo assim, as formas de controle da antracnose objetivam atingir o agente etiológico abaixo da cutícula dos frutos (COSTA, 2012).

O controle da antracnose pelo ozônio solubilizado na água não depende apenas da concentração do gás, mas também do período de exposição do produto ao ozônio dissolvido na água. Quanto maior o período de exposição, maior será o tempo de contato do ozônio e dos radicais livres gerados a partir de sua decomposição com a superfície dos frutos. Ao oxidar parte da cutícula, o agente desinfetante poderá atingir e inativar micélios quiescentes de *Colletotrichum* sp. (COSTA, 2012).

O ozônio e os radicais gerados por sua degradação causam oxidação de componentes celulares vitais, como os constituintes da membrana plasmática e/ou da parede celular microbiana, levando ao extravasamento de constituintes citoplasmáticos e,

consequentemente, inativando a célula (PASCUAL et al., 2007). Esses compostos podem agir ainda inativando moléculas do conteúdo celular, como enzimas e ácidos nucleicos. A ruptura do envoltório celular é a forma mais rápida de inativação microbiana por um agente desinfetante, uma vez que não se faz necessário que esse agente permeie a membrana celular para ser eficaz (COSTA, 2012).

### **3.6. Ozônio na vida-útil e qualidade pós-colheita dos frutos**

A aplicação do ozônio tem a característica de não deixar efeito residual no produto. Isso pode ser considerado uma vantagem, uma vez que não é necessário aguardar período de carência para a comercialização, pois não há risco para a saúde do consumidor (COSTA, 2012). Alguns trabalhos realizados com o ozônio obtiveram resultados positivos na pós-colheita de frutas como uva, caqui, longan e mamão (ALENCAR et al., 2013; CAYUELA et al., 2009; SILVA NETO et al., 2019).

Simão e Rodriguez (2009) usaram ozonização em tomate armazenadas por quinze dias e observaram que apenas 16% das amostras tratadas apresentaram algum tipo de injúria, enquanto os tomates que não receberam o tratamento apresentaram 42% de danos.

Sautter et al., (2011) avaliaram a qualidade pós-colheita em pêssegos tratados com ozônio e armazenados a 20°C. Após cinco dias de exposição, os frutos submetidos ao ozônio apresentaram menor teor de sólidos solúveis comparado ao controle.

O ozônio tem como vantagem também de oxidar o etileno liberado pelos frutos, assim, reduzindo maturação e crescendo o período de conservação. Silva Neto et al. (2019) comprovaram que todas as concentrações de ozônio aplicados no mamão tiveram resultados satisfatório, retardando o amadurecimento destes frutos e sem perder a qualidade.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Material vegetal**

Foram utilizadas as variedades de banana ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap Maeo’, no estágio de maturação 2 (frutos verdes com traços amarelos) da escala de Von Loesecke (Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura & Produção Integrada de Frutas - PBMH & PIF, 2006), frutas com manejo desconhecido na pós colheita, adquiridas de produtores locais no município de Rio Preto da Eva – AM. As pencas de

banana foram transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Produto (LTP) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), as quais foram decompostas em frutos individuais, e selecionados quanto à presença de danos mecânicos, doenças e malformações. Em seguida, foram lavados com detergente neutro (0,2%) e secos ao ar por uma hora. Após secagem, os frutos foram submetidos aos tratamentos.

## **4.2. Aplicação do gás ozônio**

O ozônio foi obtido a partir de um gerador de ozônio (modelo TES 125, Interozone, Brasil) com regulagem de concentração. Os frutos foram inseridos em câmara hermeticamente fechada e expostos por quatro horas com atmosfera modificada enriquecida com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0,6; 1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>). As concentrações de ozônio e o tempo de exposição foram selecionadas a partir de resultados citados na literatura para aplicação na pós-colheita de frutas (SILVA, et al., 2019). Com intuito de atender os objetivos propostos a metodologia foi dividida em três etapas.

## **4.3. Experimento 1: Inibição de bactérias patogênicas em bananas ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap Maeo’ tratadas com ozônio**

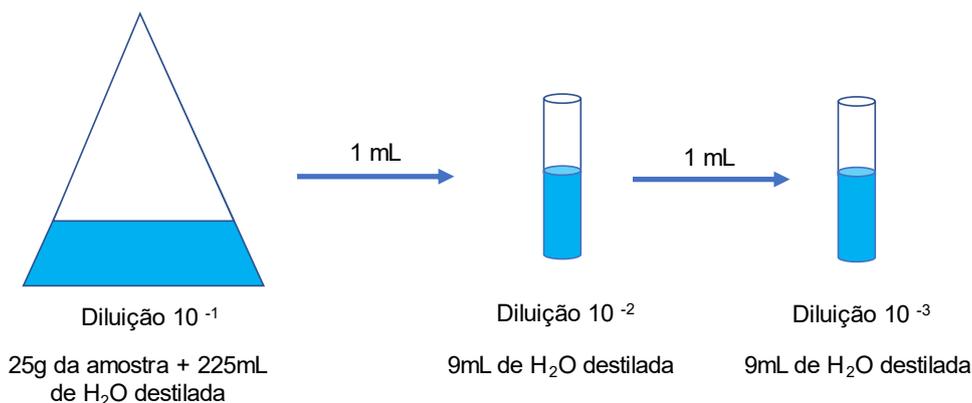
### **4.3.1. Análises microbiológicas**

Para fazer as análises microbiológicas, utilizou-se o método de incubação por meios de culturas específicas em placas de petri. Dessa forma, foram avaliadas presença de formações de colônias de Coliformes Termotolerantes utilizando Ágar Eosina Azul de Metileno - EMB (APHA, 2001); *Salmonella* sp. utilizando Ágar Salmonella Shigella - SS (OLIVEIRA et al., 2009); Contagens de bactérias aeróbias mesófilas utilizando Ágar Contagem Padrão de Placas – PCA (APHA, 1991); *Staphylococcus aureus* coagulase positiva utilizando Ágar Manitol (LMAITA et al., 2005).

### **4.3.2. Preparo das amostras**

Foram coletadas 25g de casca (amostra) em cada repetição (3 bananas) e colocado em frasco de Erlenmeyer com 225 mL de água destilada e homogeneizou-se, tornando essa a diluição 10<sup>-1</sup>, depois, transferiu-se alíquotas de 1 ml da primeira diluição para segunda diluição contendo 9 mL de água destilada (10<sup>-2</sup>) com auxílio da micropipeta esterilizada e para a terceira diluição (10<sup>-3</sup>) foi retirada da segunda diluição utilizando o mesmo procedimento desta diluição, (Figura 1), no caso destas duas últimas diluições

foram utilizados tubos de ensaios com tampa com rosca, todos antes de fazer amostragem, foram passados por esterilização (GERRA, 2016).



**Figura 1.** Procedimento para o preparo das diluições.

Para fazer a coleta e homogeneização das amostras foi necessário ter alguns cuidados, como: manipular as amostras em câmara asséptica próximo a chama de um bico de Bunsen; e também, todos os instrumentos utilizados na manipulação foram previamente esterilizados e flambados no momento do uso, tais como o bico dos frascos (Erlenmeyer e dos tubos de ensaios), bisturis e alça Drigalski.

### 4.3.3. Cultivo

Semeou-se 0,1 ml de cada diluição da solução nas placas de Petri com o meio de cultura com auxílio da micropipeta de 100  $\mu$ L esterilizada e espalhou-se o inóculo por toda a superfície com auxílio da alça de Drigalski. As placas foram incubadas por 48 horas na temperatura controlada a 35 °C (duplicatas de  $10^{-1}$  de SS - *Salmonella* sp; triplicatas de  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$  de PCA - Contagens de bactérias aeróbias mesófilas e triplicatas de  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$  de Manitol - *Staphylococcus aureus* coagulase positiva) e 45 °C (triplicatas de  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$  de EMB - Coliformes Termotolerantes).

### 4.3.4. Contagem das colônias e cálculo dos resultados

Para *Salmonella* sp. foi utilizada o método de presença ou ausência nas placas e para: Coliformes Termotolerantes, Contagens de bactérias aeróbias mesófilas e *Staphylococcus aureus* coagulase positivo foram o método de contagem de números de unidades formadoras de colônias (UFC), podendo ser tanto células individuais quanto colônias. Para fazer o cálculo do número de UFC, foi utilizado a menor diluição com a contagem de aparecimento de colônias (GERRA, 2016), conforme a seguinte formula:

$$\text{UFC mL}^{-1} = x\text{UFC} * 1 \mu\text{L} * 10^{-X} \text{mL}.$$

- xUFC: quantificação de unidades formadoras de colônias;
- 1 µL: quantidade tirada das diluições da solução e colocada nas placas;
- 10<sup>-X</sup>: nível de profundidade da diluição referente da contagem de UFC.

### 4.3.5. Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), constituída por cinco tratamentos: Exposição em atmosfera com diferentes concentrações de gás ozônio – ATM O<sub>3</sub> [0 (controle); 0,6; 1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>] e Hipoclorito de sódio (1%); e com cada um dos tratamentos teve três repetições. Sendo cada parcela foi constituída por três frutos.

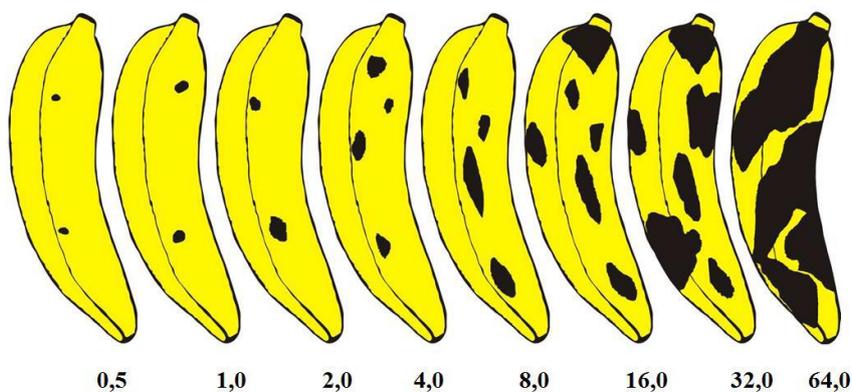
### 4.3.6. Análises estatísticas

Foram utilizados os dados da diluição com a menor concentração da solução com a presença de colônias e esses foram convertidos em logaritmos decimais ao mesmo nível da diluição utilizada e submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, foi utilizado o Programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

## 4.4. Experimento 2: Controle da antracnose em bananas submetidas ao tratamento em atmosfera com ozônio

### 4.4.1. Avaliações

A metodologia utilizada foi por através da análise visual, onde que foi observado o comportamento do aparecimento da doença antracnose no fruto da banana diariamente usando a escala diagramática com variação de severidade da doença de 0,5 a 64 % (Figura 2) Conforme Moraes et al. (2008).



**Figura 2.** Escala diagramática para avaliar severidade de antracnose em bananas, onde os valores refletem em porcentagem na região lesionada/fruto. (Moraes et al., 2008)

Para avaliar o nível de severidade, foi utilizada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para cada tratamento por através da fórmula  $AACPD = \Sigma [(y1 + y2) / 2] * (t2 - t1)$ , onde  $y1$  e  $y2$  são duas avaliações diárias consecutivas realizadas nos tempos  $t1$  e  $t2$ , respectivamente (SHANER e FINNEY, 1977; ROSALINO et al., 2017).

A incidência da doença foi avaliada no 5º estágio da maturação (Figura 3; Tabela 1), a qual foi estimada por uma escala de notas, variando de 0 (ausência) a 1 (presença do micélio do fungo) por fruto e quantificados quantos foram afetados em cada tratamento e expressos em porcentagem.

#### **4.4.2. Delineamento Experimental**

O delineamento foi em DIC, constituído por 5 Tratamentos: Exposição em atmosfera a diferentes concentrações de ozônio – ATM O<sub>3</sub> [0 (controle); 0,6; 1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>] e fungicida comercial Nativo® (1,2ml L<sup>-1</sup>) composto com dois ingredientes ativos (Triazol e Estrobilurina), com 10 repetições, totalizando 50 parcelas. Cada parcela experimental foi constituída por dois frutos.

#### **4.4.3. Análises estatísticas**

Os dados obtidos na avaliação da severidade da doença foram feitos análises de regressão e comparados em níveis de significância pelo teste t a 5% de probabilidade; A AACPD e a Incidência da doença foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, foi utilizado o Programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

### **4.5. Experimento 3: Vida útil de bananas tratadas em atmosfera com ozônio**

#### **4.5.1. Avaliações**

Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram conservados em temperatura ambiente (27±2 °C e umidade relativa de 65±2%). Para coletas de dados para a estatística, foram realizadas análises não destrutivas através da aparência externa (análise de sobrevivência, cor da casca e perda de massa); e para coletas para análises destrutivas ocorreu em duas coletas para físico-químico e fisiológico no início e no fim da vida útil (extravasamento eletrólitos, pH, sólidos solúveis, acidez tituláveis, relação SS/AT e firmeza).

- **Análise de sobrevivência**

Foi realizada a avaliação da aparência externa dos frutos, diariamente, seguindo as escalas de maturação, os frutos que receberem a escala de nota de maturação superior à 7 (Tabela 1) foram descartados (considerados inadequados para comércio) (PBMH e PIF, 2006).

**TABELA 1.** Escala de maturação de Von Loesecke dos frutos de banana.

Estágio	Referência
1	Totalmente verde
2	Verde com traços amarelos
3	Mais verde que amarelo
4	Mais amarelo que verde
5	Amarelo com a ponta verde
6	Todo amarelo
7	Amarelo com áreas marrons

Fonte: PBMH e PIF,2006

- **Extravasamento de eletrólitos (EE)**

Após do material vegetal ter recebido os tratamentos foi analisado o EE, conforme a metodologia descrita por Souza et al. (2017) com modificações. Foi utilizado um perfurador de metal (1,0cm de diâmetro na parte interna), para tirada de amostra na região da casca e da polpa (cortada em disco de com espessura aproximadamente 3 mm) para o início e no fim da vida útil, no total de cinco disco para cada amostragem. Os discos coletados de cada unidade experimental foram colocados nos tubos Falcon com tampa, contendo 20mL de água destilada e deixados em repouso durante 6 h. Após este período, foi medida a condutividade elétrica inicial da solução (CEi), utilizando um condutivímetro (PHMETRO CONDUTIV. BANCADA, modelo VZ86505AZ). Em seguida, as amostras foram levadas para *freezer* para congelamento durante 24 horas. Após esse período, os frascos foram retirados e colocados na bandeja para que o conteúdo retornasse na temperatura ambiente ( $27\pm 2$  °C) e a seguir, foi feita a medida da condutividade elétrica final da solução (CEf). Utilizou-se a formula a seguir para fazer o cálculo do EE da condutividade total e os resultados demonstrados em porcentagens (SEREK et al., 1995). Formula = EE (%):  $CEi / CEf * 100$ . EE: Extravasamento de eletrólitos; CE: Condutividade elétrica; i: inicial; f: final.

- **pH**

O pH foi medido na proporção de 2/1 (dois mL de água destilada e uma grama de amostra) tanto para polpa quanto para casca, com ajuda de um potenciômetro digital com controle automático para temperatura (marca comercial 'PHMETRO CONDUTIV. BANCADA', modelo VZ86505AZ), após a padronização usando as soluções tampões pH 7,0 e 4,0 (AOAC, 2005; SOUZA et al., 2018).

- **Sólidos Solúveis**

Para obter o teor de sólidos solúveis (SS) da polpa e casca foi utilizado um refratômetro digital (Hanna HI 96801), com estabilização automatizada de temperatura, conforme a metodologia indicada pela AOAC (2005), dessa forma, os resultados foram disponibilizados em porcentagens (MEDINA, 2004).

- **Acidez Titulável (AT)**

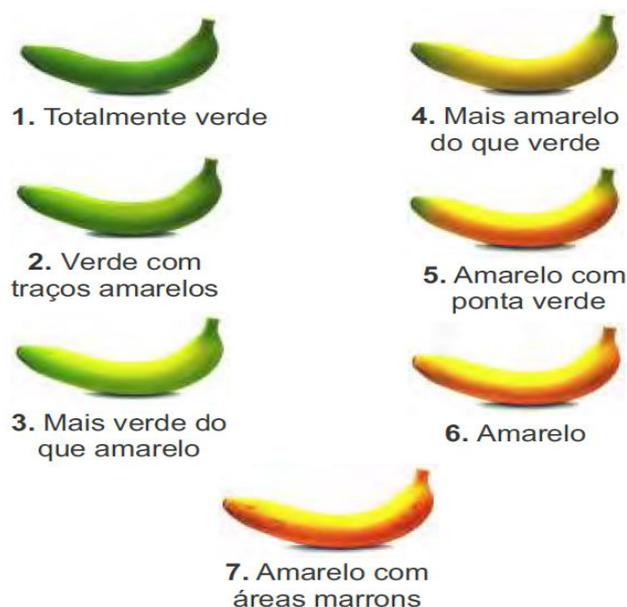
Para determinar a acidez titulável utilizou-se por meio da titulação com solução de NaOH 0,1N, para fazer o titulado, encheu 50ml na bureta com NaOH 0,1 N, e acrescentou três gotas de fenolftaleína alcoólica a 1% no frasco Erlenmeyer contendo 5 gramas de amostra (polpa e da casca) e 45 mL de água destilada e a seguir agitou o frasco e adicionou com cuidado o NaOH da bureta até a mudança de cor da solução para levemente róseo, método utilizado pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).

- **Relação SS/AT**

Para determinar a relação foi feita a razão da quantificação dos sólidos solúveis e acidez titulável, serve como indicativo do gosto do fruto, para fazer o cálculo da relação se divide os resultados dos SS com AT, neste sentido (MEDINA, 2004).

- **Cor da casca**

A cor da casca foi atribuída através de escala de notas de 1 a 7, de acordo os estágios de maturação conforme por Von Loesecke (1950) e adaptado por PBMH e PIF (2006) (Tabela 1; figura 3).



**Figura 3.** Escala de maturação de banana, por Von Loesecke (1950) e adaptado por PBMH e PIF (2006).

- **Firmeza**

Firmeza dos frutos foi determinada por através de um penetrômetro digital. Para medir a resistência na penetração no fruto sob pressão da força em newton (N), no início e no fim da vida útil dos frutos (SOUSA et al., 2019).

- **Perda de massa fresca acumulada e diária**

Foi realizado avaliações diariamente até o final da vida útil. No final, foi calculado a perda de massa fresca acumulada (PMA %), utilizando a formula a seguir:

$$PMA\% = \{[(\text{peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial}] * 100\}$$

Perda de massa fresca diária (PMD %) utilizou-se a razão entre PMA e o número de dias de vida de cada tratamento. A PMA e PMD foram expressos em porcentagens.

#### **4.5.2. Delineamento Experimental**

O delineamento experimental utilizado foi em DIC, constituído por 6 Tratamentos: controle; Hipoclorito de sódio (1%); exposição em atmosfera a diferentes concentrações de ozônio – ATM O<sub>3</sub> [0 (controle); 0,6; 1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>] e fungicida comercial Nativo® (1,2ml L<sup>-1</sup>) composto com dois ingredientes ativos (Triazol e Estrobilurina).

Para determinar análise de sobrevivência, foram utilizadas dez repetições, com avaliações diárias enquanto as bananas apresentarem os estádios de maturação dos frutos.

Para o estudo da qualidade pós-colheita dos frutos, foram utilizadas quatro repetições para avaliações iniciais e finais da vida útil.

### 4.5.3. Análises estatísticas

Os dados coletados na aparência externa foram submetidos à análise de sobrevivência, com a aplicação do teste LogRank, pelo programa de estatística Sigmaplot 10 (SSI, 2006) e os dados das análises pós-colheita foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se software livre para estatística, Sisvar (FERREIRA, 2011).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Experimento 1: Inibição de bactérias patogênicas em bananas ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap Maeo’ tratadas com ozônio

Somente as bactérias aeróbias mesófilas que formaram colônias nas três variedades de banana; a *Salmonella* sp., Coliformes Termotolerantes e *Staphylococcus aureus* coagulase positiva não foram observadas nos meios de culturas em nenhum dos tratamentos aplicados nas três cultivares, os dados analisados não tiveram diferença significativos entre os tratamentos ( $p > 0,05$ , Tabela 2).

**TABELA 2.** Unidade formadora de colônias de bactérias aeróbias mesófilas partir detectadas em amostras das cascas de das variedades ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’ tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0, 0,6, 1,5 e 3,33 mg L<sup>-1</sup>), e hipoclorito de sódio (NaClO – 1%).

Tratamento	UFC mL <sup>-1</sup>
<b>Pacovan</b>	
0 O <sub>3</sub>	4,1 x 10 <sup>4</sup> a
NaClO	1,0 x 10 <sup>5</sup> a
0,6 O <sub>3</sub>	2,1 x 10 <sup>5</sup> a
1,5 O <sub>3</sub>	7,0 x 10 <sup>4</sup> a
3,3 O <sub>3</sub>	1,5 x 10 <sup>4</sup> a
Log10 CV (%)	6,75
Log10 Média Geral	4,25
<b>Prata</b>	
0 O <sub>3</sub>	4,7 x 10 <sup>4</sup> a
NaClO	2,3 x 10 <sup>4</sup> a
0,6 O <sub>3</sub>	1,2 x 10 <sup>4</sup> a
1,5 O <sub>3</sub>	1,7 x 10 <sup>4</sup> a
3,3 O <sub>3</sub>	3,0 x 10 <sup>4</sup> a
Log10 CV (%)	26,58
Log10 Média Geral	2,50
<b>Thap maeo</b>	
0 O <sub>3</sub>	3,0 x 10 <sup>4</sup> a
NaClO	1,0 x 10 <sup>4</sup> a
0,6 O <sub>3</sub>	3,1 x 10 <sup>4</sup> a

1,5 O <sub>3</sub>	8,0 x 10 <sup>3</sup> a
3,3 O <sub>3</sub>	8,0 x 10 <sup>3</sup> a
Log10 CV (%)	35,66
Log10 Média Geral	2,88

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Apesar da Normativa da ANVISA N° 60, de 23 de dezembro de 2019 não estabelecer limite máximo da presença de bactérias aeróbias mesófilas, contudo, o Forsythe (2013) sugere que o alimento estiver a presença dessas bactérias acima de 10<sup>6</sup> UFC.g<sup>-1</sup> não é recomendável para consumo, podendo prejudicar a saúde, consequentemente causado por falta de higienização adequada. Levando em consideração a isso, os resultados deste trabalho foram abaixo do limite tolerável. O experimento realizado com morangos por Alves et al. (2019) obteve resultado significativo quando se aplicou as concentrações 4, 9 e 14 mg L<sup>-1</sup> de ozônio, com as diferenças significativas no quarto dia de armazenamento, equivalentes a 2,26, 2,06 e 3,76log UFC.g<sup>-1</sup>, respectivamente, em relação ao controle. Os Tabakoglu e Karaca (2018) estiveram êxito no experimento com as amostras armazenadas com ozônio (2 °C, 95% UR e em 5,14 mg m<sup>-3</sup> de O<sub>3</sub>), eles tiveram contagens de bactérias mesófilas aeróbicas totais significativamente mais baixas (~ 36 e 29%) do que as amostras de controle (6,5 e 7,0log UFC.g<sup>-1</sup>) no segundo e quarto dia de armazenamento dos frutos de amoreira preta, respectivamente.

## 5.2. Experimento 2: Controle da antracnose em bananas submetidas ao tratamento em atmosfera com ozônio

No quinto dia, a maior parte das bananas da cultivar ‘Pacovan’ chegaram no quinto estágio de maturação (amarelo com ponta verde), neste dia se determinou a Incidência da doença, tendo como resultado entre 7 a próximo de 11 % de incidência entre os tratamentos na cultivar ‘Pacovan’ (p < 0,05, tabela 3), se tornando o dia como referência para as outras cultivares ‘Prata’ e ‘Thap maeo’ para basear os resultados na mesma data. Dessa forma, observou-se que houve diferença significativo entre os tratamentos em todas as cultivares. Na ‘Pacovan’, a concentração 1,5 mg L<sup>-1</sup> de ozônio (O<sub>3</sub>) teve 30% a menos de incidência em relação ao controle; as duas maiores concentrações de O<sub>3</sub> na ‘Prata’ e na menor concentração de O<sub>3</sub> na ‘Thap maeo’ não houve incidência de antracnose (p < 0,05, tabela 3), enquanto nas testemunhas houve 0,08 e 0,05% de Incidência da doença, respectivamente. O experimento realizado por Costa et

al. (2021) teve resultados parecidos, usando a água ozonizada no controle da antracnose em mamão teve efeito significativo, pois teve menos áreas lesionada nos frutos na vida útil. A porcentagem estimada em frutas não-ozonizada no 8º dia de armazenagem a 25 °C foi de 41,6%, enquanto as amostras que receberam ozonização por durante 160 minutos tiveram 20,8% no mesmo período.

**TABELA 3.** Incidência de antracnose no quinto estágio de maturação das cultivares de bananas ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’, tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0, 0,6, 1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>), e Nativo® (1,2mL L<sup>-1</sup>), em condições de conservação ambiente (27 ± 2 °C e 65 ± 2% UR).

Tratamento	Incidência
<b>Pacovan</b>	
0 O <sub>3</sub>	10,00a
0,6 O <sub>3</sub>	10,80a
1,5 O <sub>3</sub>	7,00b
3,3 O <sub>3</sub>	10,30a
Nativo (1,2mLL <sup>-1</sup> )	8,90ab
CV (%)	13,62
Média Geral	9,40
<b>Prata</b>	
0 O <sub>3</sub>	0,08b
0,6 O <sub>3</sub>	1,33a
1,5 O <sub>3</sub>	0,00c
3,3 O <sub>3</sub>	0,00c
Nativo (1,2mLL <sup>-1</sup> )	0,10b
CV (%)	7,95
Média Geral	0,30
<b>Thap maeo</b>	
0 O <sub>3</sub>	0,05a
0,6 O <sub>3</sub>	0,00b
1,5 O <sub>3</sub>	0,05a
3,3 O <sub>3</sub>	0,05a
Nativo (1,2mLL <sup>-1</sup> )	0,00b
CV (%)	25,24
Média Geral	0,03

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

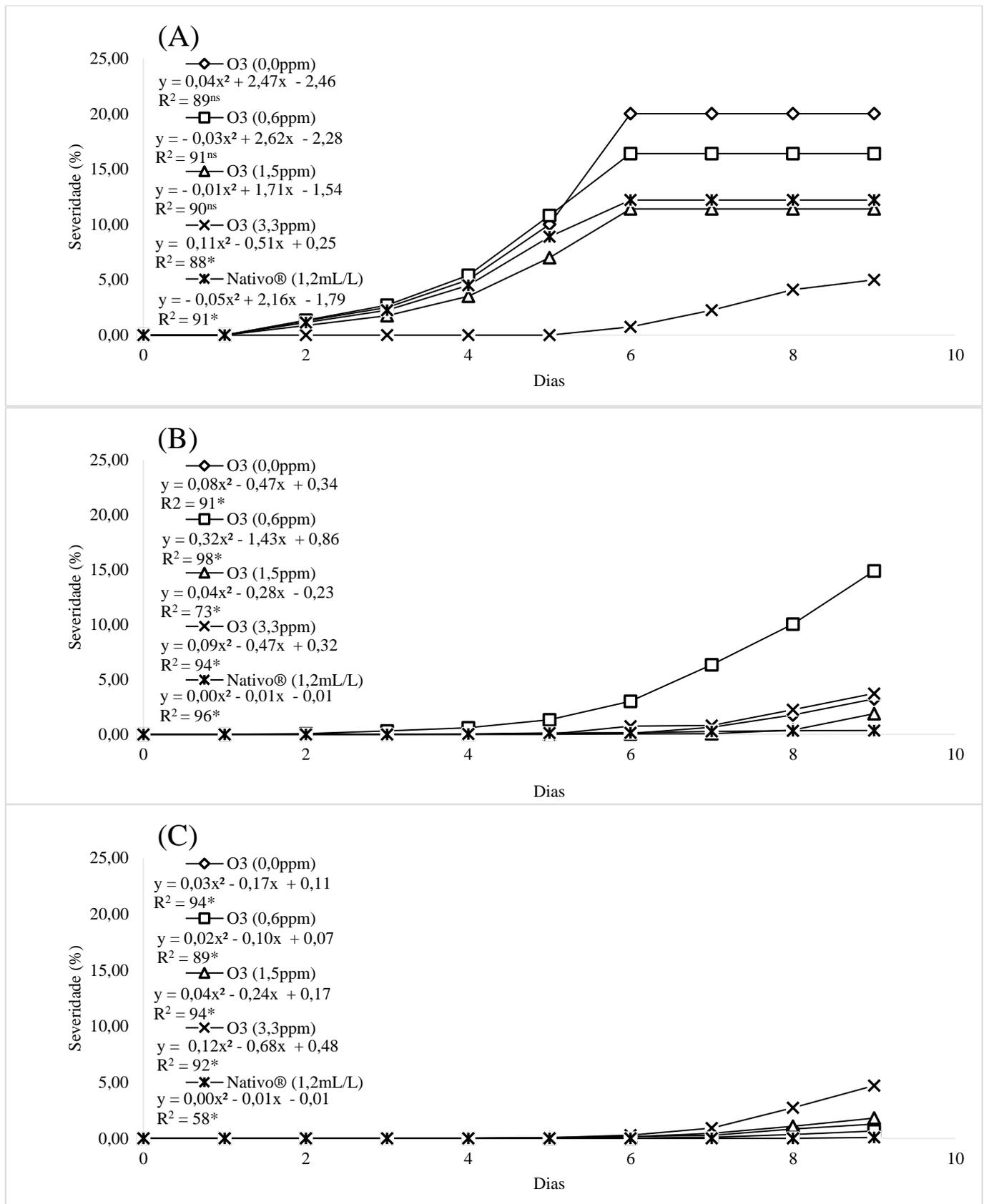
Para calcular a área abaixo da curva de progresso de doença (AACPD) foram coletados dados até o 9º dia, conforme o desenvolvimento da doença foi alastrando pelo fruto (Figura 2). Dessa forma, na variedade ‘Pacovan’, a concentração 1,5 mg L<sup>-1</sup> diminuiu 40,27% de AACPD e as outras duas concentrações chegaram a diminuir aproximadamente 12,50% em relação ao controle. Na ‘Prata’, as concentrações a de 1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup> de O<sub>3</sub> diminuiram 71% e 79% de AACPD, respectivamente. Na ‘Thap maeo’, somente a concentração 0,6 mg L<sup>-1</sup> de O<sub>3</sub> chegou a diminuir quase 60% de AACPD em comparação aos dados do controle (p < 0,05, tabela 4).

**TABELA 4.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em variedades das bananas ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’, tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0, 0,6, 1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>), e Nativo® (1,2mL L<sup>-1</sup>), em condições de conservação ambiente (27 ± 2 °C e 65 ± 2% UR).

Tratamento	ax <sup>2</sup>	bx	c	R <sup>2</sup>	AACPD
Pacovan					
0 O <sub>3</sub>	0,04	2,47	-2,46	89 <sup>ns</sup>	88,78a
0,6 O <sub>3</sub>	-0,03	2,62	-2,28	91 <sup>ns</sup>	77,65b
1,5 O <sub>3</sub>	0,01	1,71	-1,54	90 <sup>ns</sup>	53,03d
3,3 O <sub>3</sub>	0,11	-0,51	0,25	88*	77,50b
Nativo (1,2mLL <sup>-1</sup> )	-0,05	2,16	-1,79	91*	59,48c
CV (%)					2,75
Média Geral					71,29
Prata					
0 O <sub>3</sub>	0,08	-0,47	0,34	91*	4,76b
0,6 O <sub>3</sub>	0,32	-1,43	0,86	98*	22,43a
1,5 O <sub>3</sub>	0,04	-0,28	-0,23	73*	1,39c
3,3 O <sub>3</sub>	0,09	-0,47	0,32	94*	1,00c
Nativo (1,2mLL <sup>-1</sup> )	0,00	-0,01	-0,01	96*	1,08c
CV (%)					17,95
Média Geral					6,13
Thap maeo					
0 O <sub>3</sub>	0,03	-0,17	0,11	94*	1,94c
0,6 O <sub>3</sub>	0,02	-0,10	0,07	89*	0,78d
1,5 O <sub>3</sub>	0,04	-0,24	0,17	94*	2,70b
3,3 O <sub>3</sub>	0,12	-0,68	0,48	92*	6,30a
Nativo (1,2mLL <sup>-1</sup> )	0,00	-0,01	-0,01	58*	0,04e
CV (%)					6,10
Média Geral					2,35

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Significativo p < 5% (\*) e não significativo (ns) para o teste t.

Conforme análise de regressão (Figura 4), observou-se que as três concentrações de ozônio (O<sub>3</sub>) influenciaram no desenvolvimento da antracnose na ‘Pacovan’, pois, diminuíram aproximadamente 18%, 43% e 75% para 0,6, 1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente; na ‘Prata’, o O<sub>3</sub> na concentração 1,5 mg L<sup>-1</sup> diminuiu 42% em relação ao controle; e na ‘Thap maeo’ a concentração 0,6 mg L<sup>-1</sup> de O<sub>3</sub> obteve diminuiu 49%. O experimento realizado por Ong e Ali (2015) corroborou com experimentos usando os mamões onde que foram acondicionados em caixas de papelão e armazenadas em ambiente controlado (25 ± 1 °C e 70% UR) por 14 dias. As amostras que receberam tratamentos de ozônio (1,5, 2,5, 3,5 e 5µL L<sup>-1</sup>) inibiram significativamente a germinação dos conídios em comparação ao controle, chegando a 100%.



**Figura 4.** Análise de regressão com valores de nível de severidade % (Antracnose) nos frutos de bananas das variedades ‘Pacovan’ (A), ‘Prata’ (B) e ‘Thap maeo’ (C) tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0,6, 1,5 e 3,3 ppm ou  $\text{mg L}^{-1} - \text{O}_3$ ), fungicida comercial

(1,2 mL L<sup>-1</sup>), em condições de conservação ambiente (27 ± 2 °C e 65 ± 2% UR por durante 9 dias. Utilizou-se a equação do 2º grau. Significativo p < 5% (\*) e não significativo (ns) para o teste t.

A exposição do gás ozônio como tratamento permitiu que atingisse os micélios quiescentes de *Colletotrichum* sp., assim, diminuindo seu desenvolvimento. Os agentes causadores da antracnose normalmente infectam frutas no campo, penetrando através da cutícula e permanecendo inativos até quando as condições ambientais favoreçam o seu desenvolvimento quando as condições (KUO, 1999; COSTA et al., 2021).

Os resultados do trabalho realizado pelo Alwi (2017) na qualidade dos frutos de pimentão mostraram que na exposição a 7 mg L<sup>-1</sup> de ozônio por 72 h teve a maior inibição na incidência da doença em 34,8% e severidade da doença em 41,2%.

### **5.3. Experimento 3: Vida-útil das bananas ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’ submetidas aos tratamentos: cloro, ozônio e fungicida**

Conforme a análise de sobrevivência não houve influência significativa nas aplicações do ozônio na variável extravasamento de eletrólitos (EE) tanto para polpa quanto para casca nas três variedades, apesar de não houver resultados significativos, houve uma diminuição de extravasamento quando se aplicou o ozônio, nas concentrações 0,6 mg L<sup>-1</sup> (nas cascas da ‘Pacovan’; casca e polpa na ‘Prata’; e polpa na ‘Thap maeo’), 1,5 mg L<sup>-1</sup> (na polpa das 3 variedades) e na concentração 3,3 mg L<sup>-1</sup> diminuiu 4,35% de extravasamento na polpa da ‘Thap maeo’ (p < 0,05, Tabela 5). Levando em consideração ao tempo, todas as variedades sofreram influência significativa.

O ozônio pode reagir com lipídios, proteínas e componentes cuticulares em plantas, aumentando danos de lipídios. Esses resultados sugerem que as membranas celulares diminuíram a sua permeabilidade em consequência da maturação dos frutos, o que favorece o aumento da liberação de eletrólitos que é mais um fator que ativa o etileno (MAIA et al., 2017).

Os tratamentos aplicados nas três cultivares de bananas não influenciaram na variável pH (p > 0,05, Tabela 5). Porém, foi influenciado pelo tempo, pois, o pH da casca e da polpa alterou durante o período de conservação para todas as variedades, exceto a polpa na ‘Thap maeo’, já levando em consideração sob a casca sob essa variedade, elevou o pH a próximo de 6,0 quando foram expostas a 1,5 mg L<sup>-1</sup> de ozônio (p < 0,05, Tabela 5).

Silva Neto et al. (2019) observaram que nas aplicações dos tratamentos no mamão não influenciou na acidez do mesmo, mas somente o tempo de vida útil do fruto que teve o nível de significância. Isso ocorre pela diminuição da acidez conforme o nível de maturação vai avançando, segundo Sanaeifar et al. (2016), essa mudança deve-se principalmente às mudanças no conteúdo de ácido málico da fruta.

Já para os sólidos solúveis (SS), não obteve diferença significativos tanto para polpa e casca entre os tratamentos em todas as variedades de bananas ( $p > 0,05$ , Tabela 5), mas mesmo não sendo influenciado significativo a concentração  $3,3 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{O}_3$  influenciou na menor perda de sólidos solúveis (SS) na polpa nas três variedades e na casca na ‘Pacovan’ e ‘Prata’. Já observando pelo tempo, sim, neste caso foi significativo para todas as variedades.

Durante o armazenamento os SS da casca e da polpa aumentaram em todas as variedades ( $p < 0,05$ , Tabela 5). O aumento no SS pode ser devido à alteração nos carboidratos estruturais, como hemiceluloses, pectina, e devido à conversão de ácidos orgânicos (MUSTAPHA et al., 2020; ADAY e CANER, 2014). E a conversão do amido para açúcares simples é um dos principais motivos do aumento do teor dos sólidos solúveis durante a maturação de bananas (CORDEIRO et al., 2014).

Em relação a acidez titulável da casca (AT C) da banana ‘Prata’, o ozônio na concentração  $3,3 \text{ mg L}^{-1}$  de ozônio aumentou 249,51% sob o tempo inicial ( $p < 0,05$ , Tabela 5).

Para acidez titulável houve alteração significativa na casca para ‘Prata’ (25%) nas concentrações  $0,6$  e  $3,3 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{O}_3$  (Ozônio) e para polpa (21,43%) nas duas maiores concentrações na ‘Thap maeo’ ( $p < 0,05$ , Tabela 5). Para o tempo, somente na casca da ‘Thap maeo’ que não obteve diferença significativo.

Isso ocorre pela diminuição da acidez conforme o nível de maturação vai avançando, segundo Sanaeifar et al. (2016), essa mudança deve-se principalmente às mudanças no conteúdo de ácido málico da fruta, o Silva Neto et al. (2019) observaram que nas aplicações dos tratamentos no mamão não influenciou na acidez do mesmo, mas somente o tempo de vida útil do fruto que teve o nível de significância.

Em estudo realizando com morangos, Morais et al. (2015) observaram aumento dos níveis de acidez até o 15º dia, os morangos tratados com ozônio mostraram níveis

mais elevados (de 181,60 ml) em comparação com os não tratados (de 171,16 ml), pode significar que o tratamento causou uma diminuição na frequência respiratória dos frutos.

Na relação SS/AT não houve mudança significativa nos tratamentos com o ozônio em nenhuma variedade, apesar de que na ‘Pacovan’ a maior concentração teve a menor relação (6,54%) na polpa e (21,24%); e na ‘Thap maeo’ a polpa apesar de não significativo, a menor concentração de ozônio, houve a menor relação (10,52%) ( $p > 0,05$ , Tabela 5). Já levando em consideração ao tempo, tanto para a polpa quanto para a casca em todas as variedades estiveram resultados significativos ( $p > 0,05$ , Tabela 5).

Pode ter ocorrido devido o processo de respiração indicando o equilíbrio do açúcar e o ácido encontrado no fruto, deixando o fruto mais adocicado, sendo assim uma das frutas mais preferidas dos consumidores (SILVA NETO et al., 2019).

Apenas a cor das bananas ‘Pacovan’ foi influenciada pelos tratamentos ( $p < 0,05$ , Tabela 5). O ozônio na concentração de  $3,3 \text{ mg L}^{-1}$  alterou a cor na escala 3 (Mais verde que amarelo, CEAGESP, 2006).

Em relação ao tempo de conservação todas as bananas alteraram a cor ( $p < 0,05$ , Tabela 5), saindo de frutos com características 1 (totalmente verde – ‘Pacovan’ e ‘Prata’) e 2 (verde com traços amarelo – ‘Thap maeo’) para a cor 5 (Amarelo com a ponta verde - ‘Prata’) 6 (Todo amarelo - ‘Pacovan’) e 7 (Amarelo com áreas marrons - ‘Thap maeo’) (CEAGESP,2006).

A temperatura de armazenamento de  $27^\circ\text{C}$ , a taxa de respiração pode ser bastante elevada, o que promoveu mudanças de cor mais rápidas. Segundo os pesquisadores indica que, embora a banana tenha sido tratada com ozônio, mas ainda não foi capaz de resistir à alta taxa de respiração a  $27^\circ\text{C}$  de temperatura de armazenamento (TRIARDADO e BINTORO, 2021). Esse resultado está de acordo com o observado na análise de sobrevivência, que tanto a ‘Pacovan’ e ‘Thap maeo’ (Figura 5), que mostra os frutos expostos a  $3,3 \text{ mg L}^{-1}$  com maior vida-útil. O ozônio pode ter reduzido a degradação de clorofilas por inibir a atividade de clorofilases, peroxidases e feofitinases (XU et al., 2019).

A perda de massa acumulada, apesar de não houver diferença significativa, observou-se que na maior concentração houve menor perda de massa na ‘Pacovan’ e

‘Thap maeo’, de 16,05% e 23,54% a menos, respectivamente; na menor concentração para ‘Prata’ (21,67%).

A perda de massa diária (PMD) em relação as aplicações de tratamentos foram alteradas apenas nas bananas da variedade ‘Thap maeo’ ( $p < 0,05$ , Tabela 5). A maior concentração de ozônio de diminuiu em 0,96% ao dia, enquanto o controle diminuiu 0,80%. Já na perda de massa diária tanto ‘Pacovan’ e ‘Prata’ na maior concentração foi a menor perda, 3,45% e 5,88%, respectivamente ( $p > 0,05$ , Tabela 5), apesar de não terem a nível de significância.

A PMD e perda de massa acumulada (PMA) aumentaram durante o tempo para todas as variedades ( $p < 0,05$ , Tabela 5).

Os pesquisadores Triardianto e Bintoro (2021) estiveram os resultados similares em relação a perda de massa acumulada, citaram que o aumento na perda de peso durante o período de armazenamento foi atribuído à perda de umidade (transpiração) através das células estomáticas da fruta.

A perda de umidade de frutas e vegetais tem sido relacionada à desintegração da membrana celular, levando a vazamentos no conteúdo celular para acelerar a senescência (ADI et al., 2019). Também, a redução da massa dos frutos ocorre tanto pela perda de água durante a transpiração dos frutos quanto pela perda de carbono durante a oxidação de substratos respiratórios (PINTO, 2012).

Na firmeza não houve influência significativa quando se aplicou as concentrações de ozônio em comparação ao controle ( $p > 0,05$  Tabela 5); porém, a firmeza das bananas reduziu no tempo de conservação ( $p < 0,05$ , Tabela 5). dentre elas a ‘Thap maeo’ foi a que mais perdeu a firmeza, 23,04 N (força de Newton).

A mudança na firmeza da banana é um efeito combinado de acúmulo de umidade da polpa do fruto, perda de umidade da casca do fruto, aumento do conteúdo da combinação dos ácidos e sólidos solúveis. Essas observações são atribuídas à degradação do amido, à solubilização de substâncias pécticas e ao movimento da água da casca para polpa (ADI et al.,2019).

Triardianto e Bintoro (2021), estiveram o mesmo resultado quando eles aplicaram ozônio nas bananas, observaram que estava claro que a firmeza de todas as amostras diminuiu junto com o tempo de armazenamento.

Diante dos resultados apresentados, acredita-se que a aplicação do ozônio, principalmente das bananas da variedade 'Pacovan' reduziu os efeitos do etileno, uma vez que o amadurecimento das bananas foi atrasado proporcionando aumento na vida útil dos frutos.

**TABELA 5.** Extravasamento de eletrólitos (EE, %), pH, sólidos solúveis (SS, %), acidez titulável (AT %), relação SS/AT, cor, perda da massa acumulada (PMA, %), perda da massa diária (PMD, %) e firmeza ‘N’ em de frutos de bananas das variedades ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’ tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0,0, 0,6,1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>), Nativo® (1,2 ml L<sup>-1</sup>) e hipoclorito de sódio (1%), em condições de conservação ambiente (27 ± 2 °C e 65 ± 2% UR).

Tratamento	EE% P	EE% C	pH P	pH C	SS% P	SS% C	AT% P	AT% C	SS/AT P	SS/AT C	Cor	PMA%	PMD%	Firmeza N
Pacovan														
0 O <sub>3</sub>	50,81b	56,62a	5,10a	6,71a	6,95a	3,76a	0,18b	0,05a	33,74ab	59,58a	4,00a	8,97a	0,87a	27,00a
NaClO (1%)	59,00ab	47,71a	5,13a	6,66a	6,39a	2,99a	0,17b	0,05a	30,92ab	54,45a	3,50a	7,56a	0,89a	26,39a
0,6 O <sub>3</sub>	51,76b	54,90a	5,16a	6,85a	6,91a	3,25a	0,17b	0,06a	35,30a	48,62a	3,87a	9,23a	0,85a	26,81a
1,5 O <sub>3</sub>	48,77b	57,01a	5,09a	6,82a	7,25a	3,01a	0,17b	0,05a	35,43a	58,80a	3,75ab	8,82a	0,88a	25,32a
3,3 O <sub>3</sub>	73,23a	62,48a	5,22a	6,88a	5,64a	2,56a	0,16b	0,05a	31,16ab	46,93a	2,87b	7,53a	0,84a	27,16a
Nativo (1,2mLL <sup>-1</sup> )	55,18b	54,85a	5,15a	6,62a	6,49a	2,57a	0,28a	0,05a	21,67b	48,19a	3,75ab	9,30a	0,87a	27,39a
Tempo de conservação														
Início	31,92b	20,77b	5,79a	6,19b	1,81b	0,86b	0,11b	0,04b	16,24b	22,78b	1,00b	0,00b	0,00b	29,49a
Fim	81,00a	90,42a	4,49b	7,33a	11,29a	5,19a	0,26a	0,06a	46,50a	82,74a	6,25a	17,14a	1,73a	23,87b
CV (%)	20,59	22,47	2,01	3,19	24,13	34,54	9,69	31,20	26,21	24,68	20,30	38,71	27,82	11,13
Média Geral	56,46	55,60	5,14	6,76	6,60	3,02	0,19	0,05	31,37	52,76	3,62	8,57	0,87	26,68
Prata														
0 O <sub>3</sub>	62,23a	51,65a	4,94ab	6,22a	3,72a	2,34a	0,13a	0,04a	25,26a	54,83a	3,25a	8,40a	0,85a	19,64a
NaClO (1%)	56,85a	43,68a	5,02ab	6,42a	3,54a	2,02a	0,11a	0,02b	28,33a	67,03a	3,12a	8,55a	0,92a	18,80a
0,6 O <sub>3</sub>	59,38a	45,02a	4,98ab	6,45a	3,82a	2,12a	0,12a	0,03ab	26,00a	68,27a	3,25a	6,58a	0,70a	17,42a
1,5 O <sub>3</sub>	61,97a	51,05a	4,97ab	6,39a	3,85a	2,21a	0,12a	0,04ab	27,79a	60,06a	3,12a	8,18a	0,87a	17,19a
3,3 O <sub>3</sub>	64,72a	45,86a	4,92b	6,53a	3,49a	1,99a	0,12a	0,03ab	26,70a	68,14a	3,25a	7,64a	0,80a	17,44a
Nativo (1,2mLL <sup>-1</sup> )	62,63a	51,92a	5,12a	6,58a	3,67a	2,03a	0,10a	0,02b	29,38a	65,04a	3,37a	10,86a	0,87a	20,16a
Tempo de conservação														
Início	33,61b	20,13b	5,38a	6,71a	1,04b	0,79b	0,07b	0,01b	15,64b	56,64b	1,00b	0,00b	0,00b	25,32a
Fim	88,98a	76,27a	4,61b	6,15b	6,32a	3,45a	0,17a	0,05a	38,85a	71,15a	5,46a	16,74a	1,67a	11,56b
CV (%)	13,56	22,94	2,53	3,94	17,77	24,41	17,55	29,69	20,27	24,86	11,83	41,27	21,36	13,87
Média Geral	61,30	48,28	4,99	6,43	3,68	2,12	0,12	0,03	27,24	63,89	3,23	8,36	0,83	18,44
Thap Maeo														
0 O <sub>3</sub>	74,18a	56,01bc	5,06a	5,81ab	3,43a	2,31a	0,14a	0,08ab	24,34b	27,26a	4,50a	9,77ab	0,80bc	16,09a
NaClO (1%)	72,24a	58,06abc	5,07a	6,04ab	3,77a	2,61a	0,13ab	0,07b	25,15b	30,56a	4,50a	9,18ab	0,94a	15,43a
0,6 O <sub>3</sub>	68,33a	60,41a	5,16a	5,94ab	3,25a	2,57a	0,13abc	0,07ab	21,78b	27,23a	4,52a	10,95a	0,81bc	16,02a
1,5 O <sub>3</sub>	73,30a	58,79ab	5,05a	5,98ab	3,59a	2,54a	0,11bc	0,08ab	30,79 <sup>a</sup>	28,30a	4,44a	9,49ab	0,81bc	16,17a
3,3 O <sub>3</sub>	70,95a	56,98bc	5,10a	5,70b	3,26a	2,69a	0,11bc	0,08a	29,05 <sup>a</sup>	29,68a	4,52a	7,47a	0,91ab	16,70a
Nativo (1,2mLL <sup>-1</sup> )	71,98a	55,09c	5,20a	6,22a	3,12a	2,46a	0,10c	0,07b	30,11 <sup>a</sup>	31,58a	4,50a	10,09ab	0,75c	14,90a
Tempo de conservação														

Início	51,44b	21,85b	5,10a	5,99a	1,10b	0,57b	0,09b	0,03a	11,89b	21,78b	2,00b	0,00b	0,00b	27,40a
Fim	92,21a	93,27a	5,11a	5,91a	5,71a	4,48a	0,14a	0,12a	41,85 <sup>a</sup>	36,43a	6,98a	18,654a	1,65a	4,36b
CV (%)	8,61	3,88	2,50	4,78	13,61	13,84	15,90	11,63	25,09	13,03	1,61	22,18	9,12	7,90
Média Geral	71,83	57,56	5,11	5,95	3,40	2,53	0,12	0,07	26,87	29,10	4,49	9,32	0,84	15,88

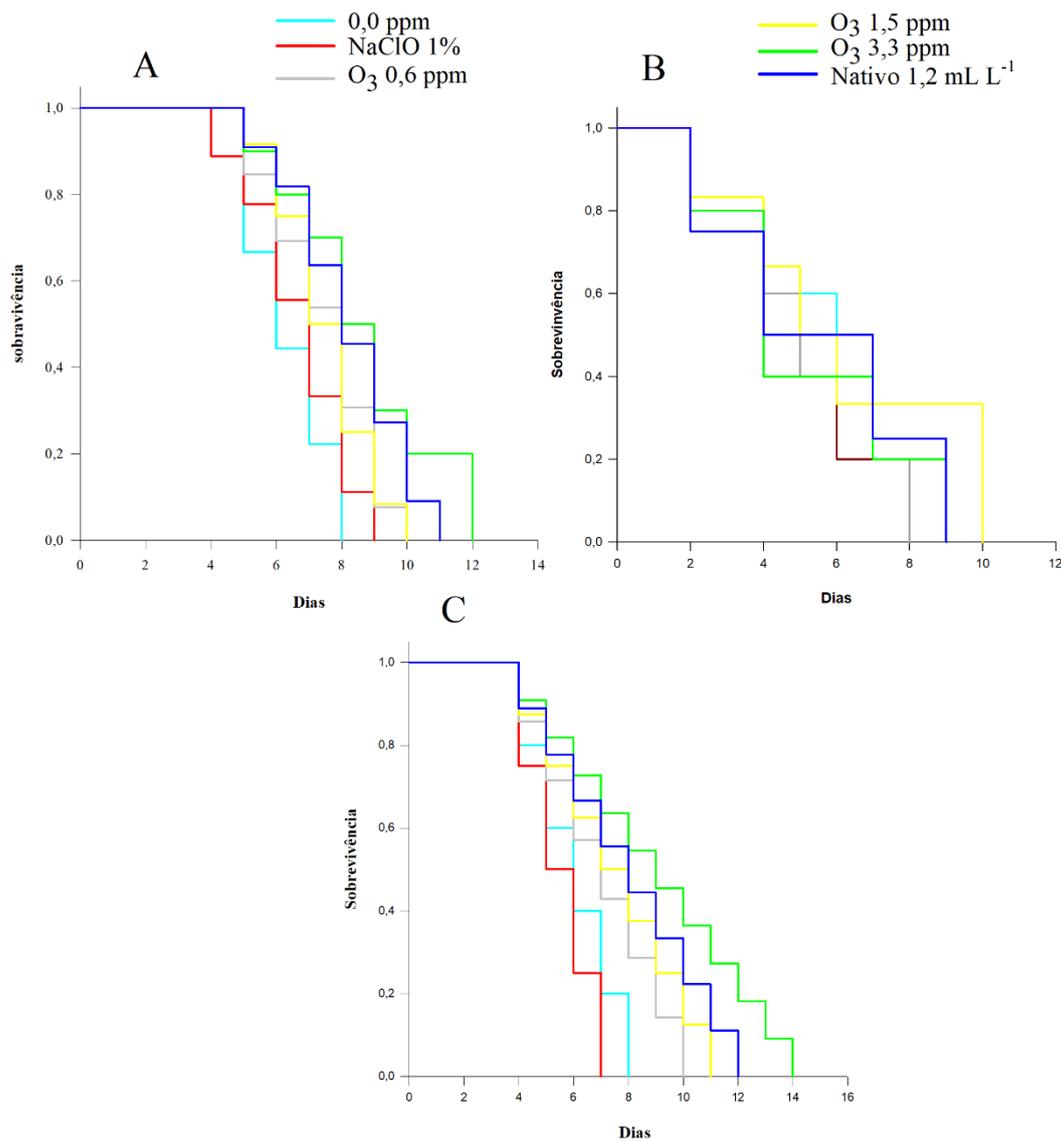
Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se por meio da análise de sobrevivência que as bananas da variedade ‘Pacovan’ expostas a 0,6, 1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup> de ozônio aumentaram em 25% e 50%, respectivamente (Figura 5). O ozônio na concentração de 3,3 mg L<sup>-1</sup> aumentou 33% o tempo de conservação dos frutos quando comparado a sanitização com cloro, e aumentou a conservação em um dia quando comparado a desinfestação com fungicida comercial. De acordo com Radenkova et al. (2019), o ozônio nas concentrações de 0,8 mg L<sup>-1</sup> e 3,0 mg L<sup>-1</sup> aumentaram o tempo de conservação das maçãs durante o armazenamento sob condições tradicionais com temperatura do ar  $+2 \pm 1$  °C e umidade relativa do ar de 85%.

Já na banana ‘Prata’ não teve o nível de significância por meio da análise de sobrevivência no aumento na vida útil dos frutos tratados com ozônio (Figura 5). Mas as bananas que receberam o tratamento com ozônio na concentração de 1,5 mg L<sup>-1</sup> chegaram aos 10 dias de “prateleira”, com isso, teve o melhor resultado de apesar que não foi estaticamente significativo.

Na banana ‘Thap maeo’ verificou-se uma diferença estatisticamente significativa entre as curvas de sobrevivência (Figura 5), a maior concentração do O<sub>3</sub> chegou até 14° dia, enquanto o fungicida comercial chegou ao 12° dia e a concentração 1,5 mg L<sup>-1</sup> de O<sub>3</sub> chegou até 11° dia.

O ozônio pode ter reduzido a respiração e produção de etileno dos frutos, causando desaceleração no metabolismo das bananas, retardando o amadurecimento e consequentemente a vida-útil das bananas (VIEIRA. 2016; SIMÃO e RODRÍGUEZ, 2009).



**Figura 5.** Análise de sobrevivência (vida-útil) de frutos de bananas das variedades ‘Pacovan’ (A), ‘Prata’ (B) e ‘Thap maeo’ (C) tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0,0, 0,6, 1,5 e 3,3 ppm ou  $\text{mg L}^{-1}$ ), Nativo® ( $1,2 \text{ mL L}^{-1}$ ) e hipoclorito de sódio (1%), em condições de conservação ambiente ( $27 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $65 \pm 2\% \text{ UR}$ ).

A estatística de log rank para as curvas de sobrevivência na ‘Pacovan’ e ‘Thap maeo’ foi maior do que esperado ao acaso; existe uma diferença estatisticamente significativa entre as curvas de sobrevivência, nos quais, os valores de ‘p’ foram: 0,038 e 0,012, respectivamente ( $p < 0,05$ , Tabela 6). No entanto, quando os tratamentos com as concentrações de ozônio comparado com o controle, as variedades ‘Pacovan’ e ‘Thap maeo’ tiveram efeitos significativo, nas concentrações 0,6 e  $1,5 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{O}_3$ .

**TABELA 6.** Análise de sobrevivência (vida-útil) de frutos de bananas das variedades ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’ tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0,6,1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>), Nativo® (1,2 ml L<sup>-1</sup>) e hipoclorito de sódio (NaClO - 1%), em condições de conservação ambiente (27 ± 2 °C e 65 ± 2% UR)

Tratamento	Tempo (dias) Evento Média + IC	GL	Probabilidade**
Pacovan			
0 O <sub>3</sub>	6,0 ± (4,61 – 7,39)	5	ns
NaClO (1%)	5,0 ± (4,23 – 6,76)	5	P < 0,038
0,6 O <sub>3</sub>	7,0 ± (5,40 – 8,60)	5	P < 0,038
1,5 O <sub>3</sub>	7,0 ± (5,80 – 9,20)	5	P < 0,038
3,3 O <sub>3</sub>	9,0 ± (7,04 – 10,96)	5	ns
Nativo (1,2mLL <sup>-1</sup> )	8,0 ± (6,21 – 9,79)	5	ns
Prata			
0 O <sub>3</sub>	7,0 ± (5,34 – 8,66)	5	ns
NaClO (1%)	7,0 ± (5,40 – 8,68)	5	ns
0,6 O <sub>3</sub>	7,0 ± (5,39 – 8,69)	5	ns
1,5 O <sub>3</sub>	7,0 ± (5,18 – 8,55)	5	ns
3,3 O <sub>3</sub>	7,0 ± (5,33 – 8,50)	5	ns
Nativo (1,2mLL <sup>-1</sup> )	7,0 ± (5,33 – 8,50)	5	ns
Thap maeo			
0 O <sub>3</sub>	6,0 ± (5,31 – 7,13)	5	ns
NaClO (1%)	7,0 ± (5,63 – 7,70)	5	P < 0,012
0,6 O <sub>3</sub>	7,0 ± (6,58 – 8,34)	5	P < 0,012
1,5 O <sub>3</sub>	7,0 ± (6,68 – 8,32)	5	P < 0,012
3,3 O <sub>3</sub>	9,0 ± (7,16 – 10,04)	5	ns
Nativo (1,2mLL <sup>-1</sup> )	8,0 ± (7,10 – 9,27)	5	ns

GL: grau de liberdade; IC: intervalo de confiança. \*\* Todos os tratamentos foram comparados ao controle; ns: não significativo.

O ozônio pode ter reduzido a respiração e produção de etileno dos frutos, causando desaceleração no metabolismo das bananas, retardando o amadurecimento e consequentemente a vida-útil das bananas (VIEIRA, 2016). O ozônio nas concentrações de 0,8 e 3,0 mg L<sup>-1</sup> (parte por milhão) aumentaram o tempo de conservação das maçãs +2 ± 1 °C e de 85 ± 5% de UR, De acordo com Radenkova et al. (2018), na concentração de ozônio a 10 µl L<sup>-1</sup> diminuiu significativamente a taxa de respiração no dia 4 e 6 em comparação com o controle aplicados em manga (*Mangifera indica* L.) (TRAN et al., 2015). O uso do ozônio gasoso (300ppb no ar – ppb: partes por bilhão) prolongou o armazenamento a 2 ° C das castanhas, sem efeitos negativos importantes nos parâmetros qualitativos (VETTRAINO et al., 2020).

## 6. CONCLUSÃO

Os experimentos realizados e apresentados neste trabalho mostraram que ozônio tem a grande potencial como um método alternativo ao uso de agrotóxicos em bananas na pós-colheita.

## 7. REFERÊNCIAS

- ADAY, M.S. e CANER, C. Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life. **LWT - Food Science and Technology**, v. 57, p. 344-351, 2014.
- ADI, D. D.; ODURO, I. N.; TORTOE, C. Physicochemical changes in plantain during normal storage ripening. **Scientific African**, v. 6, 2019.
- Agencia de Defesa Agropecuária e Florestal do Amazonas – ADAF AM. Gerência de Agrotóxicos e Insumos Veterinários – GAIV. Disponível em: <<http://www.adaf.am.gov.br/o-que-e-a-gaiv/>>. Acesso em: 05 de julho de 2021.
- AGUAYO, E.; ESCALONA, V. H. ARTES, F. Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, p. 169-177, 2006.
- ALENCAR, E. R. Processo de ozonização de amendoim (*Arachis hypogea* L.): Cinética de decomposição, efeito fungicida e detoxificante de aflatoxinas e aspectos qualitativos. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, p. 106, 2009.
- ALENCAR, E. R.; FARONI, L.R.D.; PINTO, M.S.; COSTA, A.R. Postharvest quality of ozonized Nanicão cv. Bananas. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p. 107-114, 2013.
- ALMEIDA, J. C. e GHERARDI, S. R. M. Trufa de chocolate meio amargo com biomassa de banana verde. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 13, p. 45, 2018.
- ALVES S.G.S. et al. Microbiológica de coliformes totais e termotolerantes em água de bebedouros de um parque público de Brasília, Distrito Federal. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires**, v. 7, 2018.
- ALWI, N. A. Ozone fumigation effects on bacterial and anthracnose development on bell pepper (*Apsicum annum* L.) and its effect on fruit quality. (Unpublished Doctoral thesis), University of Nottingham, Malaysia, 2017.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17th Edition, American Public Health Association, Washington DC, 1991.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Washington, 2001.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Instrução normativa n° 60, de 23 de dezembro de

2019. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-60-de-23-de-dezembro-de-2019-235332356>>. Acesso em: 23 de novembro de 2021.
- Alves, H. et al. Aspectos microbiológicos e físico-químicos de morango exposto ao gás ozônio em diferentes concentrações durante o armazenamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, 2019.
- ANTOS, P. et al. Effect of ozone on fruit quality and fungicide residue degradation in apples during cold storage, ozone. **Science & Engineering**, v. 40: 6, p. 482 - 486, 2018.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. ed. 17, p. 11 - 15, 2005.
- 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.
- BRANDANI, E. B. Efeito do gás ozônio no controle de fungos e na qualidade fisiológica em sementes de soja. **TCC (Graduação em Engenharia Agrônoma)**. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001.
- BRUNO, L. M.; QUEIROZ, A. A. M.; ANDRADE, A. P. C. Avaliação microbiológica de hortaliças e frutas minimamente processadas comercializadas em Fortaleza - CE. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 23, n. 1, jan./jun, 2005.
- CARDOSO, J. M. Secagem em camada delgada da banana nanicao em diferentes estádios de maturação. Dissertação (Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos), Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2012.
- CARVALHO, J. L. M.; MACHADO, W. R. B.; BISPO, L. P.; JUNIOR, P. C. R. L. Perdas na comercialização de frutas, legumes e verduras: os casos da banana e da cebola no Mercado do Produtor de Juazeiro (BA). **V Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, Ponta Grossa, PR, 2015.
- CASTILHO, L. G.; ALCANTARA, B. M.; CLEMENTE, E. Desenvolvimento e análise físico-química da farinha da casca, da casca in natura e da polpa de banana verde das cultivares maçã e prata. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 107-114, 2014.
- CAYUELA, J. A. et al. Control of table grapes postharvest decay by ozone treatment and resveratrol induction. **Food Science and Technology International**, v. 15, p. 495-502, 2009.
- CHIARANI, A. Extratos de canola no controle da antracnose em banana. **TCC (Graduado em Agronomia)**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2016.
- COELHO, A. F. et al. Controle pós-colheita de antracnose da banana 'Prata - Anã' tratado com fungicidas e mantida sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.4, p.1104-1108, 2010.

- COELHO, C. C. S. et al. Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 4, p. 369-375, 2015.
- CORDEIRO, M. H. M. et al. Conservação pós-colheita de manga var. Palmer com uso de 1-metilciclopropeno. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 26, n. 2, p. 103- 114, 2014.
- COSTA, A.R. et al. Use of Ozonized Water to Control Anthracnose in Papaya (*Carica papaya* L.) and its Effect on the Quality of the Fruits, Ozone. **Science & Engineering**, v.43 n.4, p. 384-393, 2021.
- COSTA, A. R. Ozônio como agente fungicida na pós-colheita do mamão (*Carica papaya* G.). **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2012.
- CULLEN, P. J. et al. Modelling approaches to ozone processing of liquid foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 20, p. 125-136, 2009.
- DA SILVA et al. Crescimento e produção da bananeira 'Thap Maeo' (AAB) durante dois ciclos de produção no Vale do São Francisco. Produção Vegetal, **Revista Ceres** v.60 n.4, 2013.
- EMBRAPA, Cultivo da banana para o estado do Amazonas. Sistema de produção **EMBRAPA**, ed. 3, Brasília, DF, 2016.
- EMBRAPA. Banana thap maeo cultivar resistente à sigatoka negra. **Embrapa Amazônia Ocidental**. Manaus-AM, 2000. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113915/1/folder-banana-THAP-MAEO.pdf>>. Acesso em: 01 de setembro de 2019.
- EMBRAPA. Características de algumas variedades de bananeira do grupo AAB plantadas no Brasil. **Embrapa Semiárido**, Cruz das Almas-BA, 2007.
- FAOSTAT. Principais países produtores de banana. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2020b.
- FAOSTAT. Produção mundial de frutos de várias culturas frutíferas. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2020a.
- FERNANDES, M. B. et al. Hydrothermal treatment in the management of anthracnose in 'Prata-Anã' banana produced in the semiarid region of Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 40, 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v40n2/0100-2945-rbf-40-2-e-871.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- FERREIRA, D.F. SisVar® (Software estatístico): Sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 5.6, Lavras: DEX/UFLA, 2011.
- FERREIRA, M. G. A. B. et al. Aspectos higiênico-sanitários de legumes e verduras minimamente processados e congelados. **Higiene Alimentar**, v. 17, n. 106, p. 49-55, mar. 2003.
- FORSYTHE, S. J. (2013). Microbiologia da segurança dos alimentos. 2ª ed., Artmed, 2013.

- FREITAS SILVA, O. et al. Potential of aqueous ozone to control aflatoxigenic fungi in Brazil. *Nuts. ISRN Biotechnology*, v. 2013.
- GLOWACZ, M.; COLGAN, R.; REES, D. The use of ozone to extend the shelf-life and maintain quality of fresh produce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 95: 662–671, 2014. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jsfa.6776>>. Acesso em 13 de outubro de 2019.
- GERRA, A.F. Métodos de contagem microbiana. Valença, 1ª ed., 28p., 2016.
- HUANG, H.; et al. Efficient degradation of gaseous benzene by VUV photolysis combined with ozone-assisted catalytic oxidation: performance and mechanism. *Applied Catalysis B: Environmental*, 186, 2016.
- IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Sistema IBGE de Recuperação Automática – **SIDRA**, maio de 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#/n1/all/n2/all/n3/all/v/all/p/all/c49/47892/c48/39449/l/v,p+c49,t+c48/resultado>>. Acesso em: 01 de julho de 2021.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3º ed. São Paulo, 1985, V.1, 533 p.
- ISRAELI, Y. e LAHAV, E. Tropical agriculture: banana. In: THOMAS, B.; MURPHY, D.J.; MURRAY, B.G. (Eds.). *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*. 2.ed. London: Academic Press, v.3, p.363-381, 2017.
- JALLOW, M. F. A. et al. Monitoring of pesticide residues in commonly used fruits and vegetables in Kuwait. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017
- KASNOWSKI, M. C. et al. Formação de biofilme na indústria de alimentos e métodos de validação de superfícies. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, v.15, p.1-23,2010.
- KHADRE, M. A. et al. Microbiological aspects of ozone applications in food: a review. *Journal of Food Science*, v. 66, n. 09, p. 1242-1252, 2001.
- KIM, J. G.; YOUSEF, A. E.; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. *Journal of Food Protection*, Des Moines, v. 62. n.9, p. 1071-1087, 1999.
- KIM, J. G.; YOUSEF, A. E.; KHADRE, M. A. Ozone and its current and future application in the food industry. In: TAYLOR, S.L (Ed.) *Advances in Food and Nutrition Research*. New York: Academic Press, v.45, pp. 167-218, 2003.
- KUO, K. C. “Germination and Appressorium Formation in *Colletotrichum gloeosporioides*.” *Proceedings of the National Science Council*. v. 23 n.3, p. 126–32, 1999.
- LEITE, J. B. V. banana. *Jornal CEPLAC Notícias*. 2001. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/banana.htm>>. Acesso em: 01 de setembro de 2019.
- LIMA, A. G. Perspectivas de mercado da maçã e pera cultivadas no semiárido brasileiro. **Dissertação** (Mestre em Economia Agrícola), Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, PE, 2017.

- LIU, J.H. et al. Function of a citrate synthase gene (MaGCS) during post-harvest banana fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 84, p. 43 – 50, 2013.
- MAIA, V. M. et al. 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.
- MAIA, V. M. et al. Áreas e tipos de danos mecânicos sobre a qualidade de bananas ‘prata anã’. **Revista Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 19, n.2, 2017.
- MANICA, I. Bananas: do plantio ao amadurecimento. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1998.
- MDIC. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **COMEX STAT**. MDIC, 2019. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>>. Acesso em 31 janeiro 2020.
- MEDINA, V. M. Metodologia para avaliação de sólidos solúveis totais e acidez total titulável de banana. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Cruz das Almas, BA, 2004.
- MORAIS, M. L. *et at.* Application of ozone aiming to keep the quality of strawberries using a low-cost reactor. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 37, n. 3, p. 559 - 567, Setembro 2015.
- MORAES, W. S. et al. Termoterapia e quimioterapia de banana 'Prata-Anã' associadas à temperatura de armazenamento no controle de podridões em pós-colheita. **Fitopatol. Bras.**, Brasília, DF, v. 31, n. 1, p. 17-22, 2006.
- MORAES, W.S. et al. Quimioterapia de banana ‘prata anã’ no controle de podridões em pós-colheita. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.75, n.01, p.79 - 84, jan./mar. 2008.
- MORENO, J.L. et al. Physicochemical and physiological changes during the ripening of Banana (Musaceae) fruit grown in Colombia. **Institute of Food Science and Technology**, 56: 1171-1183, 2021.
- MUSTAPHA, A. T. et al. Sonozonation: Enhancing the antimicrobial efficiency of aqueous ozone washing techniques on cherry tomato. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 64, 2020.
- NEGREIROS, R. J. Z. et al. Controle da antracnose na pós-colheita de bananas ‘Prata’ com produtos alternativos aos agrotóxicos convencionais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.51-58, 2013.
- NERIS, T. S. et al. avaliação físico-química da casca da banana (Musa spp.) in natura e desidratada em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 5-21, 10, 2018.
- NOVAK, J. S. e YUAN, T. C. The ozonation concept: advantages of ozone treatment and commercial developments. In: TEWARI, G.; JUNEJA, V.K. **Advances in thermal and non-thermal food preservation Ames: Blackwell Publishing**, p.185-193, 2007.
- Nunes, C., et al. Influence of environmental conditions on the quality attributes and shelf life of ‘Goldfinger’ bananas. **Postharvest Biology and Technology**, v. 86, p. 309–320, 2013.

- OLIVEIRA, J. M. et al. Concentrações de vitamina A no leite humano e características socioeconômicas e nutricionais maternas: resultados de estudos brasileiros. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, Recife, PE, v.9 p.11 20, 2009.
- OLIVEIRA, M. A. B. et al. Caracterização do estágio de maturação do papaia ‘Golden’ em função da cor. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, 2002.
- OLIVEIRA, M. M. M. et al. Biofilmes microbianos na indústria de alimentos: uma revisão. **Rev. Inst. Adolfo Lutz (Impr.)**, São Paulo, v. 69, n. 3, 2010. Disponível em <[http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0073-98552010000300001&lng=pt&nrm=iso](http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-98552010000300001&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 23 jun. 2020.
- ONG, M.K. e ALI, A. Antifungal action of ozone against *Colletotrichum gloeosporioides* and control of papaya anthracnose. **Postharvest Biology and Technology**, v. 100, p. 113-119, ISSN 0925-5214, 2015.
- ONG, M. K. et al. Effect of gaseous ozone on papaya anthracnose. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 11, p. 2996-3005, 2013.
- PARK J and KIM M. Comparison of dry medium culture plates for mesophilic aerobic bacteria in milk, ice cream, ham, and codfish fillet products. **Preventive Nutrition and Food Science**. v.18 n.4, p. 269-272, 2013.
- PASCUAL, A et al. O uso do ozônio nas indústrias de alimentos para reduzir o impacto ambiental das atividades de limpeza e desinfecção. **Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, p. 29-35, 2007.
- PBMH e PIF - Programa brasileiro para a modernização da horticultura e produção integrada de frutas. **Normas de Classificação de Banana**. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29).
- PESSOA, W. R. L. S. e OLIVEIRA, S. M. A. Doenças da banana. In: OLIVEIRA, S.M.A.; TERAPO, D.; DANTAS, S.A.F.; TAVARES, S.C.C.H. (Ed.). Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, DF, p. 539-553, 2006.
- PINTO, J. A. V. Manejo da umidade relativa do ar durante armazenamento e sua relação com o amadurecimento e distúrbios fisiológicos em frutas. Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM-RS, 2012.
- PONTES, S. F. O. Processamento e qualidade de banana da terra (*Musa sapientum*) desidratada. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA, 2009.
- REIS, M. R. et al. Impacto de herbicidas em isolados de *Trichoderma* spp. **Planta daninha**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 419-426, 2013.
- ROCHA, G. G. et al. Qualidade microbiológica de couve manteiga (*Brassica oleracea*) minimamente processada comercializada em São Paulo, Brasil. **Revista Univap**, v.20, 2015.
- ROSALINO, R. C. et al. Avaliação de fungicidas de diferentes marcas comerciais sobre o controle da ferrugem-alaranjada-do-cafeeiro. **XL Congresso Paulista de Fitopatologia Instituto Agrônomo**, Campinas, SP, 2017.

- TABAKOGLU, N and KARACA, H. Effects of ozone-enriched storage atmosphere on postharvest quality of black mulberry fruits (*Morus nigra* L.), *LWT*, v. 92, p.276-281, ISSN 0023-6438, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.044>.
- SANAEIFAR, A. et al. Prediction of banana quality indices from color features using support vector regression. **Talanta**, v. 148, p. 54-61, ISSN 0039-9140, 2016.
- SANTOS, V. C. Resistência a inseticidas em populações da mariposa-de-diamante, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: *Plutellidae*), no estado de Pernambuco, Brasil. **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 2, p. 264-270, 2011.
- SÃO JOSÉ, J. F. B. e SILVA, L.F. Ocorrência de patógenos em frutas e hortaliças. **Higiene Alimentar**, Vol. 28, nº 234/235, 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Jacklineetal\\_Sao\\_Jose/publication/290183848\\_Ocorrencia\\_de\\_patogenos\\_em\\_frutas\\_e\\_hortalicas/links/56951dcf08ae820ff0749f12/Ocorrencia-de-patogenos-em-frutas-e-hortalicas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jacklineetal_Sao_Jose/publication/290183848_Ocorrencia_de_patogenos_em_frutas_e_hortalicas/links/56951dcf08ae820ff0749f12/Ocorrencia-de-patogenos-em-frutas-e-hortalicas.pdf)>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2020.
- SAPERS, G. M. Efficacy of washing and sanitizing methods for disinfection of fresh fruit and vegetable products. **Food Technology and Biotechnology**, v. 39, n. 04, p. 305-311, 2001.
- SAUTTER, C. K. et al. Controle da podridão-parda e características físico-químicas de pêssegos 'Magnum' submetidos a tratamentos pós-colheita com elicitores abióticos. **Rev. Ceres (Impr.)**, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 172-177, 2011.
- SCHROEDER, G. N. and HILBI, H. Molecular pathogenesis of *Shigella* spp.: Controlling host cell signaling, invasion, and death by type III secretion. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 21, n. 1, p. 134–156, 2008.
- SEBRAE. Agronegócios: produção de banana. **SEBRAE – BA**, 2017. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/BA/Anexos/Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20banana%20na%20Bahia.pdf>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2020.
- SEREK, M. et al. Inhibition of ethylene-induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene, a new inhibitor of ethylene action. **Physiologia Plantarum**, v. 94, p. 229 – 232, 1995.
- SHANER, G.; FINNEY, R.R. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slowmildewing in knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 67, n.8, p. 1052-1056, 1977.
- SHARMA, P. U. Bacteriological analysis of street vended fruit juices available in Vidarbha. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 2, 2013.
- SILVA NETO, O. P. et al. Ozone slows down anthracnose and increases shelf life of papaya fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 5, 2019.
- SILVA, I. C. P. e VIEIRA, S. L. V. Alimentos minimamente processados: práticas de produção e riscos de contaminação. **MUDI**, v 21, 2017. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/37199>>. Acesso em: 13 de outubro de 2019.

- SILVIA, R. P. et al. Proteomic Studies to Understand the Mechanisms of Peach Tissue Degradation by *Monilinia laxa*. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 2020. Disponível em: < <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2020.01286> >. Acesso em: 05 de julho de 2021.
- SIMÃO, R. e RODRIGUEZ, T. D. M. Utilização do ozônio no tratamento pós-colheita do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Revista de Estudos Sociais** - ano 11, n. 22, v. 2, 2009
- SOUSA, A. E. D., et al. Control of browning of minimally processed mangoes subjected to ultraviolet radiation pulses. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 253-259, 2017.
- SOUSA, A. E. D et al. Induction of postharvest resistance in melon using pulsed light as abiotic stressor. **Scientia Horticulturae**, v. 246, p. 921-927, 2019.
- SOUZA, A. C. F. et al. Avaliação microbiológica de polpas congeladas de frutas comercializadas em feiras públicas da cidade de Macapá - AP. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, 2020.
- SOUZA, E. I. A. Perdas pós-colheita em bananas produzidas em Rio Preto da Eva, Amazonas. **Dissertação** (Mestre em Agronomia Tropical) Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, FCA/UFAM, Manaus, AM, 2019.
- SOUZA E. I. A et al. Avaliação das perdas de bananas produzidas em Rio Preto da Eva, Amazonas, Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 3, 2021.
- SOUZA, J. C. C. O. et al. Avaliação microbiológica de polpas de frutas comercializadas na cidade de Juazeiro do Norte – CE. **Higiene Alimentar**, v.30 p.254-255, 2016.
- SOUZA, P. G. et al. Parâmetros físico-químicos de biomassas elaboradas com diferentes variedades de bananas verdes. **Global Science and Technology**, Rio Verde-MT, 2018.
- SPONHOLZ, C. et al. Efeito do tratamento hidrotérmico e químico de frutos de banana ‘Prata’ no controle da antracnose em pós-colheita. **Fitopatologia Brasileira** v.29, p.480-485, 2004.
- SYSSTAT SOFTWARE Inc – SSI. Sigmaplot for Windows, v.10, 2006.
- TRAN, T.T.L. et al. Ozone fumigation to delay ripening of mango 'nam dok mai no. 4'. **Acta Horticulturae**, n.1088, p.103-106, 2015.
- TRIARDIANTO, D.; and BINTORO, N. The effect of different time durations of ozone treatment and storage temperatures on postharvest quality of banana (*Musa acuminata*). **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v.759, 2021.
- VETTRAINO, A.M. et al. Gaseous Ozone as a Suitable Solution for Postharvest Chestnut Storage: Evaluation of Quality Parameter Trends. **Food and Bioprocess Technology**, v.13, p.187–193, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02378-9>.
- VIEIRA, L.S. Ação do ozônio no amadurecimento de banana (*Musa* spp. AAB) ‘PRATA ANÃ’ - VIÇOSA, MG, 2016.

- VILAPLANA, R. et al. Control of anthracnose, caused by *Colletotrichum musae*, on postharvest organic banana by thyme oil. **Postharvest Biology and Technology**, Auckland, v.138, n. 1 p. 56–63, 2018.
- VON LOESECKE, H. Bananas, 2nd ed. New York: **InterScience**, 1950.
- WANG, L. et al. Quality deterioration of grape tomato fruit during storage after treatments with gaseous ozone at conditions that significantly reduced populations of *Salmonella* on stem scar and smooth surface, **Food Control**, v. 103, p. 9-20, 2019.
- WHANGCHAI, K. et al. Effect of ozone in combination with some organic acids on the control of postharvest decay and pericarp browning of longan fruit. **Crop Protection**, v. 25, p. 821-825, 2006.
- WU, J. et al. Investigation of gaseous ozone as an anti-fungal fumigant for stored wheat. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 81, n. 07, p. 1288-1293, 2006.
- XU, D. et al. Effect of ozone on the activity of antioxidant and chlorophyll-degrading enzymes during postharvest storage of coriander (*Coriandrum sativum* L.). **Journal of Food Processing and Preservation**, v.43 n.8, 2019.
- Yan, H. et al. Genome-wide identification, characterization and expression analysis of NF-Y gene family in relation to fruit ripening in banana. **Postharvest Biology and Technology**, v.151, p.98–110, 2019.
- YEOH, W. K. et al. Effects of ozone on major antioxidants and microbial populations of fresh-cut papaya. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.89, p.56-58, 2014.
- YOUNG, J. C. et al. Degradation of trichothecene mycotoxins by aqueous ozone. **Food and Chemical Toxicology**, v.44, p.417-424, 2006.
- ZAPATA, M. C. E. Frecuencia de aislamiento y número de Coliformes totales, Coliformes fecales, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y hongos en ensaladas de frutas que se expenden en el mercado Zonal Palermo, mercado Central y establecimientos del Centro Cívico de la ciudad de Trujillo-Perú. Tesis (Biólogo – Microbiólogo), Escuela Académico Profesional de Microbiología y Parasitología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, PERU, 2014.
- ZHU, X. et al. Low temperature storage reduces aroma-related volatiles production during shelf-life of banana fruit mainly by regulating key genes involved in volatile biosynthetic pathways. **Postharvest Biology and Technology**, v.146, p.68–78, 2018.
- 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.
- ZOTTI, M. et al. Inactivation of *Aspergillus* spp. by ozone treatment. **Ozone-Science and Engineering**, v. 30, n. 06, p. 423-430, 2008.

## 8. ANEXOS

**TABELA 7.** Análises de variância Log de UFC mL<sup>-1</sup> de bactérias aeróbias mesófilas, formadas de a partir amostras das cascas de bananas no estágio 2 (verdes com traços amarelos) das variedades ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’ tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0,0, 0,6, 1,5 e 3,33 mg L<sup>-1</sup>), e Hipoclorito de sódio (NaClO – 1%).

FV	GL	QM - Log de UFC mL <sup>-1</sup>	
		Pacovan	
Tratamento	4	0,14 <sup>ns</sup>	
CV (%)		6,75	
Média Geral		4,25	
Prata			
Tratamento	4	0,91 <sup>ns</sup>	
CV (%)		26,58	
Média Geral		2,50	
Thap maeo			
Tratamento	4	2,68 <sup>ns</sup>	
CV (%)		35,66	
Média Geral		2,88	

\* significativo e ns – não significativo a 5% de probabilidade no teste f.

**TABELA 8.** Análises de variância sob avaliação no estágio 5 (amarelo com ponta verde) coletado no 5º dia para Incidência de Antracnose e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) até 9º dia sob as variedades das bananas ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap maeo’, tratadas com diferentes concentrações em atmosfera com ozônio (0,0, 0,6, 1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>), e Nativo® (1,2mL L<sup>-1</sup>), em condições de conservação ambiente (27 ± 2 °C e 65 ± 2% UR).

FV	GL	QM	
		Incidência	AACPD
Pacovan			
Tratamento	4	11,42*	1072,40*
CV (%)		13,62	2,75
Média Geral		9,40	71,29
Prata			
Tratamento	4	1,66*	427,22*
CV (%)		7,95	17,95
Média Geral		0,30	6,13
Thap maeo			
Tratamento		0,00*	29,66*
CV (%)		25,24	6,10
Média Geral		0,03	2,35

\* significativo e ns – não significativo a 5% de probabilidade no teste f.

**TABELA 9.** Resumo da análise de variância para as variáveis: Extravasamento de eletrólitos (EE, %), pH, Sólidos solúveis (SS), Acidez Titulável (AT), relação SS/AT, Maturação (Cor), perda da massa acumulada (PMA, %), perda da massa diária (PMD, %) e Firmeza do fruto inteiro. Polpa (P) e casca (C). Bananas ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Thap Maeo’ tratadas com ozônio (0,6, 1,5 e 3,3 mg L<sup>-1</sup>), fungicida comercial (1,2 ml L<sup>-1</sup>) e hipoclorito de sódio (1%), no início e no fim do período de conservação ambiente (27 ± 2 °C e 65 ± 2% UR).

Fontes de Variação	QM														
	GL	EE P	EE C	pH P	pH C	SS P	SS C	AT P	AT C	SS/AT P	SS/AT C	Cor	PMA	PMD%	Firmeza
Pacovan															
Trat.	5	643,79**	181,95 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	2,6 <sup>ns</sup>	1,62 <sup>ns</sup>	0,02**	0,00 <sup>ns</sup>	211,01*	352,85 <sup>ns</sup>	1,43*	5,25 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	4,45 <sup>ns</sup>
Tempo	1	28.904,19**	58.202,33**	20,54**	15,59**	1102,08**	224,47**	0,27**	0,01**	10987,47**	43143,44**	352,08**	3524,67**	36,05**	378,90**
Trat. x Tempo	5	1774,55**	640,95**	0,02 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	3,29 <sup>ns</sup>	2,10 <sup>ns</sup>	0,02**	0,00 <sup>ns</sup>	336,64**	408,30*	1,43*	5,25 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	3,33 <sup>ns</sup>
Resíduo	36	135,12	156,05	0,01	0,05	2,54	1,10	0,00	0,00	67,62	169,53	0,43	11,00	0,06	8,81
CV (%)		20,59	22,47	2,01	3,19	24,13	24,54	9,69	21,20	26,21	24,68	20,30	38,71	27,82	11,13
M. Geral		56,46	55,60	5,14	6,76	6,60	3,02	0,19	0,05	31,37	52,76	3,62	8,57	0,87	26,68
Prata															
Trat.	5	61,15 <sup>ns</sup>	116,70 <sup>ns</sup>	0,04*	0,13 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00**	18,90 <sup>ns</sup>	232,22 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	16,01 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	13,05 <sup>ns</sup>
Tempo	1	36787,83**	37597,85**	7,11**	3,88**	334,96**	84,53**	0,11**	0,02**	6460,74**	2529,67**	238,52**	3362,40**	33,38**	2272,33**
Trat. x Tempo	5	129,89 <sup>ns</sup>	62,18 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,31**	0,26 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00**	38,60 <sup>ns</sup>	1985,95**	0,07 <sup>ns</sup>	16,01 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	8,69 <sup>ns</sup>
Resíduo	36	69,14	122,66	0,01	0,06	0,43	0,27	0,00	0,00	30,51	252,29	0,14	11,92	0,03	6,54
CV (%)		13,56	22,94	2,53	3,94	17,77	24,41	17,55	29,69	20,27	24,86	11,83	41,27	21,36	13,87
M. Geral		61,30	48,28	4,99	6,43	3,68	2,12	0,12	0,03	27,24	63,89	3,23	8,36	0,83	18,44
Thap Maeo															
Trat.	5	33,49 <sup>ns</sup>	29,96**	0,03 <sup>ns</sup>	0,27**	0,47 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,00**	0,00**	105,42 <sup>ns</sup>	25,90 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	12,12*	0,04**	3,17 <sup>ns</sup>
Tempo	1	19943,99**	61202,87**	0,00 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	255,30**	183,30**	0,03**	0,11**	10770,74**	2575,98**	297,50**	4174,43**	33,75**	6370,33**
Trat. x Tempo	5	41,76 <sup>ns</sup>	59,62**	0,01 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,30*	0,00**	0,00**	141,94*	127,62**	0,00 <sup>ns</sup>	12,12*	0,04**	3,99*
Resíduo	36	38,28	5,00	0,02	0,08	0,24	0,12	0,00	0,00	45,47	14,38	0,00	5,15	0,01	1,58
CV (%)		8,61	3,88	2,50	4,78	13,61	13,84	15,90	11,63	25,09	13,03	1,61	22,18	9,12	7,90
M. Geral		71,83	57,56	5,11	5,95	3,40	2,53	0,12	0,07	26,87	29,10	4,49	9,32	0,84	15,88

ns não significativo; \* e \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.