



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL
DE PERNAMBUCO**
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM FITOPATOLOGIA**

Tese de Doutorado

**Fosfitos no manejo alternativo da antracnose
pós-colheita em pimentas do Nordeste brasileiro**

Elizabeth Rodrigues Alexandre

**Recife – PE
2017**

ELIZABETH RODRIGUES ALEXANDRE

**FOSFITOS NO MANEJO ALTERNATIVO DA ANTRACNOSE
PÓS-COLHEITA EM PIMENTAS DO NORDESTE BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Fitopatologia.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Orientadora: Prof^ª Dra. Sônia M. A. de Oliveira

RECIFE-PE

DEZEMBRO, 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

A381f Alexandre, Elizabeth Rodrigues
Fosfitos no manejo alternativo da antracnose pós-colheita
em pimentas do nordeste brasileiro / Elizabeth Rodrigues
Alexandre. – 2017.
130 f. : il.

Orientadora: Sônia Maria Alves de Oliveira.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências.

1. *Capsicum* spp. 2. *Colletotrichum scovillei* 3. *Colletotrichum tamarilloi* 4. *Colletotrichum truncatum* 5. Controle alternativo
6. Sais I. Oliveira, Sônia Maria Alves de, orient. II. Título

CDD 632

**FOSFITOS NO MANEJO ALTERNATIVO DA ANTRACNOSE
PÓS-COLHEITA EM PIMENTAS DO NORDESTE BRASILEIRO**

ELIZABETH RODRIGUES ALEXANDRE

Tese defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: 01/12/2017

ORIENTADORA:

Profª Dra. Sônia Maria Alves de Oliveira (UFRPE)

EXAMINADORES:

Profª Dra. Severina Rodrigues de Oliveira Lins (Faculdade Boa Viagem-FBV)

Profª Dra. Elineide Barbosa de Souza (UFRPE – Microbiologia)

Profª Dra. Kátia Cilene da Silva Félix (Faculdade Sete de Setembro-FASETE)

Prof. Dr. Erick Farias Couto (UFRPE – CODAI)

**RECIFE-PE
DEZEMBRO, 2017**

Ao meu Senhor, Deus todo poderoso,

Ofereço.

Aos meus pais, Lúcia Rodrigues e José Anchieta (*in memoriam*), aos meus irmãos Taciana e José Alexandre e aos meus sobrinhos Leonardo e Gabriela Oberdã, meus sinceros agradecimentos, por me apoiarem e estarem sempre dispostos,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

- Ao Senhor da minha vida, ao meu Deus, por me conceder a vida e renovar as minhas forças a cada manhã!!!
- À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado em Fitopatologia, onde tive oportunidade de crescer profissionalmente e pelos bons momentos.
 - Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.
 - A minha orientadora Profa. Sônia Oliveira, por toda confiança em mim depositada, pelo profissionalismo, os ensinamentos, a amizade ao longo destes anos e acima de tudo, pelo incentivo ao crescimento profissional, quero registrar, minha admiração, gratidão e o meu carinho.
 - A amiga Adriana Melo, pelo entusiasmo, o apoio motivacional, com que sempre pude contar durante este período de minha vida, minha gratidão e carinho.
 - Ao colega Adelmo Duarte que em todos os momentos de extrema dificuldade se fez presente, meu sincero agradecimento.
 - A todos os professores da Fitopatologia pela competência e profissionalismo em especial a Elineide Barbosa, Marco Gama e Marcos Câmara pela disponibilidade e apoio.
 - Aos professores do Departamento de Agronomia, Manoel Guedes, José Vargas, Herbert Siqueira e Carol Bionde pelo apoio, e boas conversas.
 - Aos colegas do Laboratório de Patologia Pós-Colheita, os colegas de turma, agradeço pelos momentos vividos.
 - Aos colegas, Dra. Nina Lins, Dr. Adriano Silva, Darci Martins, Roberto Luiz, Romildo Angeiras e Franck Siva pela disponibilidade e apoio.
 - Aos técnicos, Fábio Silva (IPA), Edna Maria e Nathan Pessoa da UFRPE, pelo suporte e grande auxílio prestado, meu muito obrigado.
 - A todos que contribuíram indiretamente e torceram por essa conquista, agradeço imensamente.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS.....	4
RESUMO GERAL.....	7
GENERAL ABSTRACT.....	8
CAPÍTULO I – Introdução Geral -	10
Fosfitos no manejo alternativo da antracnose pós-colheita em pimentas do nordeste brasileiro.....	11
Importancia da pimenticultura Brasileira.....	14
Antracnose pós-colheita da pimenta.....	16
Pimenta características e pós-colheita.....	19
Manejo da antracnose em pimentas.....	20
Manejo pós-colheita de podridões com utilização de sais.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
CAPÍTULO II - Efeito dos sais GRAS e fosfitos sobre incidência de fungos e qualidade pós-colheita de pimentas em diferentes condições de armazenamento.....	42
Resumo.....	43
Abstract.....	44
Introdução.....	45
Material e Métodos.....	47
Sais e Fosfitos-Produtos utilizados.....	47
Avaliação da incidência de podridões quiescentes.....	47
Determinação das características físico-químicas.....	48
Análise estatística.....	49
Resultados.....	49
Discussão.....	53
Agradecimentos.....	56
Referências.....	56
CAPÍTULO III- Fosfitos na redução da antracnose pós-colheita das principais pimentas do Nordeste brasileiro.....	68
Resumo.....	69
Abstract.....	69
Introdução.....	70

Material e Métodos.....	72
Isolamento e identificação de <i>Colletotrichum</i> associado à <i>Capsicum</i>	72
Efeito dos fosfitos sobre a antracnose pós-colheita da pimenta.....	72
Análise bromatologica das pimentas tratadas com os fosfitos.....	73
Análise de microscopia optica do mesocarpo de pimentas na interação com fosfitos versus <i>Colletotrichum</i>	74
Fosfitos na redução do crescimento de <i>Colletotrichum scovillei</i> in vitro.....	74
Análise estatística	74
Resultados.....	75
Discussão.....	79
Agradecimentos.....	83
Referencias.....	83
CAPÍTULO IV - Fosfitos aplicados em pré-colheita reduzem a antracnose e mantêm a qualidade estrutural dos tecidos das pimentas em pós-colheita.....	107
Resumo.....	108
Abstract.....	108
Introdução.....	110
Metodologia.....	111
Fosfitos aplicados na pré-colheita de pimentas.....	111
Efeito dos fosfitos sobre o conteúdo de cálcio e potássio nos frutos.....	112
Análise da microscopia eletrônica de varredura do tecido das pimentas inoculadas com <i>C. scovillei</i>	112
Análise estatística.....	113
Resultados	113
Discussão.....	115
Agradecimentos.....	116
Referencias.....	118
CONCLUSÕES GERAIS.....	130

RESUMO GERAL

As pimentas estão entre as importantes hortifrutícolas pertencentes às solanáceas cultivadas no país. As espécies e variedades que são conhecidas em todo o país também são cultivadas na região Nordeste, com maior volume para ‘Malagueta’ e ‘Tabasco’ e distribuídas dentre os estados da região ainda encontra-se as variedades ‘Biquinho’, ‘Dedo-de-moça’ e ‘De Cheiro’. Como uma hortifrutícola, a pimenta tem uma vida pós-colheita curta que pode ser ainda mais curta quando afetada pela antracnose em pós-colheita. Espécies de *Colletotrichum* estão associadas à doença comprometendo a viabilidade dos frutos para o consumo e comercialização, pois o depreciam. O manejo da doença é difícil e não há fungicidas registrados para a doença em pós-colheita. Diante do exposto buscou-se avaliar os efeitos de fosfitos como estratégia de controle alternativo da antracnose por *Colletotrichum* sobre as principais cultivares de pimentas encontradas no Nordeste brasileiro, avaliando-se os atributos: físico-químicos, coloração da casca e bioquímico, a análise estrutural em microscopia de luz e em microscopia eletrônica de varredura (MEV) dos tecidos de pimentas tratadas em pós-colheita e do efeito dos produtos aplicados em pimentas tratadas em pré-colheita. No primeiro artigo avaliou-se o efeito de fosfitos Phi Ca, CaB, K, Cu, Zn e Mg e sais GRAS(NaHCO_3 , CaCl_2 , NaCl e KCl) sobre estas cultivares de pimentas, quanto ao efeito sob a incidência de infecções quiescentes e sob qualidade pós-colheita através da avaliação dos atributos físico-químicos e bioquímico sob condições de armazenamento a 12°C, 15°C e 25°C. Verificou-se que os sais GRAS e os Phi Zn e Mg apesar de não comprometer o teor de sólidos solúveis totais (ST), acidez total titulável (AT), pH e de ácido ascórbico não reduziram a incidência de podridões por fungos dos gêneros *Lasiodiplodia*, *Fusarium* e *Colletotrichum*. Os Phi Ca e CaB foram os que promoveram maior inibição da incidência de infecções quiescentes e dentre os fosfitos utilizados na avaliação bioquímica, estes fosfitos nas concentrações de 0,5 e 1,0 g.L⁻¹ exerceram aumento na atividade das enzimas catalase e ascorbato peroxidase nos frutos, e nenhum efeito sobre a atividade da polifenoloxidase. No segundo artigo, avaliou-se o efeito dos fosfitos na redução da antracnose pós-colheita. In vitro foi verificado que os Phi Ca, CaB, K e Cu (0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0; 1,25, 1,5 e 1,75 g.L⁻¹) foram efetivos na redução micelial de *Colletotrichum scovillei*, onde concentrações inferior a 1,0 g i.a L⁻¹ foram requeridas para CE₅₀, com os Phi K, Ca e CaB. In vivo avaliou-se o efeito sobre a redução da antracnose, conteúdo dos elementos (Ca, K, B e Cu) nas pimentas após tratamentos, nos atributos físico-químicos, coloração da casca e estrutura do tecido em microscopia de luz. Estes fosfitos nas concentrações de 0,5 e 1g.L⁻¹ apresentaram

comportamento diverso nas diferentes cultivares, sobre a redução da antracnose por *C. scovillei*, *C. truncatum* e *C. tamarilloi*, sendo os fosfitos a base de cálcio mais promissor para manejo da doença, pois a estrutura do endocarpo de pimentas se mantiveram mais integras do que tecido não tratado com fosfito, principalmente a base de Ca, que melhor reduziu a antracnose. De forma geral, os tratamentos não alteraram os atributos físico-químicos e de coloração da casca. No terceiro artigo o efeito dos Phi Ca, PhiCaB e Phi K foi analisado na fase pré-colheita das pimentas ‘Dedo-de-moça’ e ‘Malagueta’ nos anos 2016/2017 sob a redução da antracnose em pós-colheita oriunda da infecção natural em campo. Os produtos reduziram a incidência da doença em pós-colheita e o conteúdo de cálcio e potássio nos frutos foi aumentado em relação à testemunha. A análise de MEV mostrou que o tecido das pimentas tratadas em pós-colheita se mostraram íntegros. Os fosfitos têm potencial de serem empregados junto a outras estratégias de manejo no controle da antracnose de pimenta.

Palavras chave: *Capsicum* spp.; *Colletotrichum scovillei*, *Colletotrichum tamarilloi*, *Colletotrichum truncatum*, controle alternativo; sais.

GENERAL ABSTRACT

The chilies are among the most important horticultural crops belonging to the Solanaceae grown in Brazil. The species and varieties that are known nation wide are also grown in the Northeast region, with greater volume for ‘Malagueta’ and ‘Tabasco’ in addition to the varieties ‘Biquinho’, ‘Dedo-de-moça’ and ‘De Cheiro’ that are distributed throughout the region. As a horticultural crop, the chili has a short post-harvest life that may be reduced when affected by post-harvest anthracnose. Species of *Colletotrichum* are associated to the disease compromising the viability of the fruits for consumption and commercialization, as they depreciate it. The management for the disease is difficult and there are no registered fungicides for post-harvest disease. In view of the above, we sought to evaluate the effects of phosphites as an alternative control strategy for *Colletotrichum* anthracnose on the main chilies cultivars found in the Brazilian Northeast, evaluating the attributes: physical-chemical, bark coloring and biochemical, structural analysis light microscopy and scanning electron microscopy (MEV) of post-harvest treated chilies and the effect of applied products on pre-harvested chilies. In the first chapter, the effect of phosphites Phi Ca, CaB, K, Cu, Zn and Mg and salts GRAS (NaHCO₃, CaCl₂, NaCl and KCl) on these chilies were evaluated under the incidence of quiescent and under post-harvest quality through the evaluation of physical-chemical and biochemical attributes under storage conditions at 12 ° C, 15 ° C and 25 ° C. It was found that GRAS and Phi Zn and Mg salts, although not compromising the total soluble

solids (ST) content, total titratable acidity (AT), pH and ascorbic acid, reduced the incidence of fungi of the genus *Lasiodiplodia*, *Fusarium* and *Colletotrichum*. Phi Ca and CaB promoted the highest inhibition of the incidence of quiescent infections, and among the phosphites used in the biochemical evaluation, these phosphites in the concentrations of 0.5 and 1.0 gL⁻¹ exerted increased activity of the catalase and ascorbate peroxidase enzymes in the fruits, and no effect on polyphenoloxidase activity. In the second chapter, the effect of the phosphites on the reduction of the post-harvest anthracnose was evaluated. In vitro, the Ca, CaB, K and Cu (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5 and 1.75 gL⁻¹) were effective at reducing mycelial growth of *Colletotrichum scovillei*, where concentrations less than 1.0 g a.i L⁻¹ were required for EC50, with the Phi K, Ca and CaB. In vivo the effect on the reduction of anthracnose, content of the elements (Ca, K, B and Cu) in the chilies after treatments, the physical-chemical attributes, the shell coloration and the structure of the tissue under light microscopy were evaluated. These phosphites in the concentrations of 0.5 and 1 g.L⁻¹ showed different behavior in the different cultivars, on the reduction of the anthracnose by *C. scovillei*, *C. truncatum* and *C. tamarilloi*, with the most promising calcium-based phosphites for disease management, as the peptide endocarp structure remained intact when compared to untreated tissue, especially the Ca base, which improved the anthracnose. In general, the treatments did not alter the physical-chemical attributes and the color of the shell. In the third chapter, the effect of Phi Ca, Phi CaB and Phi K was analyzed in the pre-harvest phase of the ‘Dedo-de-moça’ and ‘Malagueta’ chilies in the years 2016/2017 on the reduction of post-harvest anthracnose from natural infection in the field. The products reduced post-harvest disease incidence and the calcium and potassium contents in the fruits were increased in relation to the control. The analysis of MEV showed that the tissue of the chili treated in post-harvest were shown to be intact. The phosphites have the potential to be used along with other management strategies in the control of chili anthracnose.

Key words: *Capsicum* spp.; *Colletotrichum scovillei*, *Colletotrichum tamarilloi*, *Colletotrichum truncatum*, alternative control; salts.

CAPÍTULO I

Introdução Geral

FOSFITOS NO MANEJO ALTERNATIVO DA ANTRACNOSE PÓS-COLHEITA EM PIMENTAS DO NORDESTE BRASILEIRO

INTRODUÇÃO GERAL

Importância da Pimenticultura Brasileira

A importância da pimenta (*Capsicum* L.) para o Brasil coincide com a colonização do nosso território, assim como os movimentos de navegação dos europeus nas Américas. As pimentas tem origem nas Américas e a partir deste continente foram domesticadas, selecionadas e distribuídas para outros continentes, onde recebem nomes apropriados, pelos seus tipos e variedades dependendo do local onde estão presentes (RUFINO; PENTEADO, 2006). Taxonomicamente as pimentas hortícolas, aqui referidas pertencem à Divisão Magnoliophyta, Ordem Solanales, Família Solanaceae, Subfamília Solanoideae e gênero *Capsicum* (FILGUEIRA, 2005; SAMUELS, 2015).

As pimentas estão entre as importantes hortaliças pertencentes às solanáceas cultivadas no país. Com hábito característico de planta tropical, são arbustivas com até 1,20 m de comprimento, mas também podem ter hábito perene; possuem autopolinização, mas é possível ocorrer à polinização cruzada (SILVA; SOUZA, 2007).

Embora tenha uma produção bastante pulverizada do Norte ao Sul do país, são *Minor crops* que contribuem para exportação e para o mercado local, principalmente as espécies *Capsicum frutescens* L. ('Malaguetas' e 'Tabasco'), *Capsicum chinense* Jacquin ('De Cheiro, Biquinho, De Bode', 'Murupi', 'Cumari', 'Habanero'), *Capsicum annum* L.var. *annuum* ('Doces', 'Jalapenho' e 'Cayenne') e *Capsicum baccatum* L. var. *pendulum* (Willd.) Eshbaugh ('Dedo-de-moça e Cambuci').

De um grupo de cinco espécies domesticadas, essas quatro espécies compõem a maioria das variedades botânicas que são amplamente cultivadas no Brasil (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2012; OLIVEIRA et al., 2000; RIBEIRO, 2004; RUFINO; PENTEADO, 2006).

É possível pontuar algumas informações que sumarizam o que as espécies de *Capsicum* representam para que sua atividade comercial seja de destaque em nosso território. Um grande número de espécies silvestres encontram-se disseminadas no Brasil; além de ser um importante centro de diversidade deste gênero (REIFSCHNEIDER, 2000), que contribuiu ao longo desses últimos anos para um banco de germoplasma (CARVALHO et

al., 2013; REIFSCHNEIDER et al.,2013), que possibilitou para o desenvolvimento de cultivares e híbridos de pimentas com plena adaptabilidade as condições edafoclimáticas e as necessidades reais de mercado. São materiais com a multiplicidade de uso, seja para consumo *in natura*, obtenção da pimenta calabresa (mistura de fruta desidratada + sementes = flocos), pasta (*mash*), molho, páprica, pó, conservas, geléias e também potencial ornamental, como pode ser obtido pelas recentes cultivares de pimentas desenvolvidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA (EMBRAPA, 2014) também em parceria com empresas privadas, como as pimentas Habanero cv. ‘BRS Juruti’ de *C. chinense* (RIBEIRO et al., 2015) e cv. ‘BRS Jandaia’ ambas lançadas em 2013, pimenta biquinho cv. ‘BRS Moema’ e pimenta bode cv. ‘BRS Seriema’ ambas lançadas respectivamente em 2009 e 2010 e já disponível no mercado, assim como pimenta Dedo-de-moça cv. ‘BRS Mari’ de *C. baccatum* var. *pendulum* (CARVALHO et al., 2009), indicando o potencial de expansão para o desenvolvimento da pimenticultura brasileira.

A pimenta tem importância comercial em muitos países como Índia, Coreia do Sul, Tailândia, México, Estados Unidos da América, Nigéria, China, Vietnã e Sri Lanka, Espanha e Hungria. No entanto, são os países asiáticos, os principais produtores mundiais, além de exportadores dos frutos ((GARG et al., 2013; RUFINO; PENTEADO, 2006). Na produção de pimentas em nível mundial em 2015 de acordo com os dados da FAO (2017) foram produzidas quase 33 milhões de toneladas, sendo a Ásia responsável por 64,5% deste volume, seguidas das Américas (13,3%), Europa (11,9%), África (10,1%) e Oceania (0,2%). Atualmente, China, México, Turquia, Indonésia e Espanha são os cinco principais produtores de pimentas e pimentões no mundo (FAO, 2017).

Dos representantes da produção de pimenta na América do Sul, o Brasil perdeu desde meados dos anos 2000, o volume expressivo de produção/exportação de pimentas secas e em pós para países como Chile e Peru (PSCI-NCM: 0904.20.00, 2008).

As pimentas são fontes de vitaminas A, E e B, compostos fenólicos e voláteis que provem uma rica composição química incluindo carotenóides, tocoferóis, ácido ascórbico e capsaicinóides, que é o conjunto de alcalóides responsável pela característica mais substancial das pimentas, a pungência, advinda em cerca de 99% da capsaicina e diidrocapsaicina (NUGROHO, 2016; PINTO; PINTO;DOZENLES, 2013). Este composto está presente no fruto de forma desigual, mas septo e a placenta concentram maiores níveis do alcalóide que confere a alta pungência nas pimentas (NUGROHO, 2016).

As pimentas têm aplicabilidade na culinária, inserção na indústria de processamento em molhos e conservas, mas, também serve de insumo à indústria de farmácia através dos

alcalóides antioxidantes (capsaicina e capsantina) os quais fornecem, e têm utilidade terapêutica popular, o que possibilita ampliar a diversidade dos tipos produzidos e consumidos em todo território nacional (HENZ, 2006 a; VILLELA et al., 2008; PAULUS et al., 2015) como visualiza-se hoje no agronegócio da pimenta.=PEDIU PARA RETIRAR

Um valor exato atual da produção de pimenta no Brasil ainda é difícil de ser contabilizada já que nem todos os valores conseguem ser inseridos na estatística geral de produção, principalmente porque a produção nacional em sua maioria é realizada por um grande número de pequenos agricultores que escoam sua produção em grande parte nos mercados locais, assim como há falta dos valores estatísticos que expressem componentes produtivos da pimenta em nível mundial; e quando se faz, geralmente, são dados conjuntos de pimentas e pimentões (DOMENICO et al., 2012; HENZ, 2008; PINHEIRO et al., 2011; RUFINO; PENTEADO, 2006; REIFSCHNEIDER; RIBEIRO, 2008).

Essa dificuldade na estimativa de produção e área produtiva, também pode ser em parte atrelada as peculiaridades de região para região, como o nível tecnológico local, o período de cultivo, da ocorrência de doenças e da volatilidade de produção para o mercado (PINHEIRO et al., 2011; HORTIFRUTI BRASIL, 2015).

Os dados estatísticos para a produção de pimenta do Brasil, não são facilmente encontrados, mas, dados do Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), apontaram as regiões Sudeste e Centro-Oeste, como as principais produtoras de pimenta no Brasil, destacando os estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo e Rio Grande do Sul, além do Ceará como o representante do Nordeste. São estes estados em que se concentram empresas processadoras de médio e grande porte, assim como representativas centrais de abastecimentos como a Ceagesp (São Paulo) e Ceasa-GO (Goiás), que operam de forma integrada com o setor produtivo e fornecendo informações estatísticas mais precisas (PSCI-NCM: 0904.20.00, 2008).

Os valores que retratam as atividades ligadas à produção de pimenta vêm sempre atrelados aos valores obtidos com a produção do pimentão, já que ambos compõem as hortaliças chamadas *Minor crops*. Em 2009, juntas somaram US\$ 26,3 milhões na venda de aproximadamente 8,7 mil toneladas, em forma de páprica, pasta, desidratadas e em conservas ornamentais (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2010).

De acordo com o Anuário Brasileiro de Hortaliças (2011), as espécies de *Capsicum* (pimentas e pimentões) totalizaram um volume de 2,3 mil toneladas de produção oriunda dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Ceará. Estes valores refletem o potencial das pimentas, que dentre as hortaliças também figura como

especiarias picantes que vem mostrando uma demanda crescente para o consumo no país (HORTIFRUTI BRASIL, 2015). Por isto contribuíram com a balança de exportação de hortaliças em 2011, com o total de 380.882 kg de pimentas (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2012).

Pimentas cruas inteiras ou em conservas, geléias, pós e corantes vêm representando um produto diferenciado, num atual nicho de mercado de hortaliças que visa o valor agregado, não só no consumo do fruto fresco *in natura* (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2013). Os valores do mercado de sementes de *Capsicum* (pimentas e pimentões) têm representatividade 10% em nível mundial, atrás apenas de culturas como tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (26%) e cebola (*Allium cepa* L.) (10%) (ABRASEM, 2014).

Acreditava-se que o comportamento do baixo consumo de pimenta iria expandir-se pelo surgimento de novas formas de consumo principalmente de produtos processados (EMBRAPA, 2007), assim como no volume de produção. Isso pode ser exemplificado pelas informações da Hortifruti Brasil (2015), que apontaram uma área atual de cultivo da pimenta no Brasil estimada em até 3-6 mil hectare, num mercado considerado de oportunidade, onde só há cultivo quando se há oferta mais alta de preço. Com percentuais de 10 t/ha a 30 t/ha, variável a espécie e variedade cultivada (PEREIRA; CRISÓSTOMO, 2011).

A Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS, 2011) contabilizou um aumento do consumo de molho de pimenta importada em parte estimulada pela tendência do *food service*, rendendo R\$ 811,8 milhões de reais, confirmando-se essa tendência de amplo consumo da pimenta, além da maior divulgação nos últimos anos das propriedades de cunho medicinal que levam a novas possibilidades de produção e de mercado (PEREIRA; CRISÓSTOMO, 2011).

A Pimenticultura no Nordeste Brasileiro

Embora as pimentas das quatro diferentes espécies domesticadas e das inúmeras cultivares presentes no país estejam amplamente disseminadas no território nacional, de Norte a Sul, há uma preferência e até certa adaptabilidade das cultivares para cada região.

De acordo com Moreira et al. (2006), os diferentes tipos de pimenta, são regionalmente consumido por apreciação cultural e da adaptação local. Como por exemplo, as ‘Malaguetas’ e ‘Tabasco’ utilizadas principalmente para consumo fresco, no preparo de conservas e molhos, nas regiões Sudeste e Nordeste brasileiro. As pimentas ‘De cheiro’ são

utilizadas como tempero e molhos de forma tradicional no Centro-Oeste e Norte brasileiro. Enquanto as pimentas ‘Dedo-de-moça’, ‘Cambuci’ e ‘Cumaru’ são as pimentas mais consumidas no Brasil, especialmente nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Goiás, e em menor escala também no Nordeste onde são ditas como poucos picantes.

A pimenta ‘Malagueta’ é a principal pimenta cultivada na região Nordeste, seguida da pimenta ‘De cheiro’. Recentemente a pimenta ‘Jalapenho’ (*C. annuum* var. *annuum*) também apresenta amplo cultivo onde está o maior pólo da produção destinada ao processamento para molho (HORTIFRUTI BRASIL, 2015). Essas pimentas são produzidas principalmente nos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas e Ceará, que demonstram vocação e sucesso na produção de pimenta. No Ceará a principal pimenta é *C. frutescens* cv. Tabasco que intensificou o cultivo por volta de 1998 e teve auge de produção em meados dos anos 2000-2005. Foi amplamente estimulada para o mercado exportador na forma de pasta/massa e tinha ampla distribuição de pólos produtores no estado e até meados de 2008 foi bastante representativo além de ser influenciado pelo preço em dólar e as tendências de mercado (BRAGA, 2011; HENRIQUE et al., 2003; PEREIRA; CRISÓSTOMO, 2011). O estado do Ceará detém o cultivo da pimenta ‘Tabasco’ ao longo destes anos, mostrando a alta rentabilidade com a cultura e grande parte desta continuidade se dá nos municípios onde se há disponibilidade de áreas irrigadas. O mercado de pimentas *in natura* ao atacado e ao varejo se tornou mais evidente, assim como o cultivo e comercialização de outras pimentas como ‘De Cheiro’ e ‘Dedo-de-moça’ que chegam a representar 20%, sendo a ‘Tabasco’ ainda representando 80% do volume de comercialização de pimentas (GLOBO RURAL, 2014; PEREIRA; CRISÓSTOMO, 2011).

No estado de Alagoas, a produção de pimentas *C. frutescens* ‘Malagueta’, impulsionou as cooperativas (ALAGOAS NET, 2013). No entanto, o maior volume da produção é destinado às empresas processadoras para obtenção de molhos, com produção concentrada no agreste de Alagoas, especificamente na região de Arapiraca, e região do entorno como Junqueiro, São Sebastião, e Limoeiro de Anadia (ARAPIRACA NEWS, 2016).

Em Lagarto município do estado de Sergipe, mostrou-se área com aptidão para produção expressiva das pimentas principalmente Malagueta, seguida das pimentas ‘Jalapenho’ e ‘Biquinho’, ambas destinadas à produção de molho industrial ou conservas em envase (JORNAL DA CIDADE.NET, 2013; SANTOS; SILVA; PAGANI, 2012).

De acordo com Hortifruti Brasil (2015), as maiores indústrias destinadas ao processamento de pimentas para molho e em conservas estão concentradas em São Paulo,

Minas Gerais, Pernambuco e Sergipe, sendo este dois últimos representantes da região Nordeste.

Os estados da Paraíba (GLOBO RURAL, 2014), com a produção de pimenta hidropônica em São João do Cariri, e Pernambuco (DINHEIRO RURAL, 2013) em Paratibe-Paulista, ambos no Nordeste, também apresentam casos de sucesso em pequena escala da produção de pimentas.

Não encontramos informações registradas na literatura, no entanto, foi possível conhecer durante o período de desenvolvimento deste trabalho que no estado de Pernambuco existem dentre as áreas de produção de hortaliças, a produção de pimentas de diversas variedades, principalmente ‘Malagueta’, ‘Dedo-de-moça’ e ‘De Cheiro’, estão concentradas nos municípios de Chã Grande e Amaraji e Camocim de São Félix.

A antracnose pós-colheita da pimenta

Paralelamente ao sucesso que pode ser obtido com o cultivo da pimenta, maiores problemas são enfrentados com as doenças na cultura. Dentre elas, as de etiologia fúngica, como a antracnose, que pode afetar os cultivos de campo aberto em praticamente todas as regiões produtoras acarretando sérios prejuízos. Dentre os prejuízos destacam-se os sintomas de podridão em frutos, que é a forma mais comum da doença, ainda no campo ou em pós-colheita, principalmente sob os frutos maduros (TÖFOLI; DOMINGOS, FERRARI, 2015; ABHAYASHREE; MURALI; AMRUTHESH, 2016).

Nos principais e maiores produtores de pimenta do continente asiático, como Índia, Coreia do Sul, Tailândia, China e Sri Lanka, onde a antracnose causa perdas significativas, a etiologia de *Colletotrichum* que está associado à doença (CHUNYING et al., 2015; GARG et al., 2013; KIM; LEE; CHOI, 2013; MONTRI; TAYLOR; MONGKOLPOR, 2009; RANATHUNGE et al., 2012), já se encontra bem resolvida, tanto por caracterização morfológica, quanto pela caracterização molecular em abordagem polifásica e de multigenes, essa é uma tendência para resolver a identidade de espécies desse gênero (CAI et al., 2009; PHOULIVONG; MCKENZIE; HYDE, 2012; UDAYANGA et al., 2013), dentro de importante complexo de espécies como *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. (WEIR et al., 2012), *C. acutatum* J.H. Simmonds (DAMM et al., 2012a) e *C. boninense* Moriwaki, Toy.Sato & Tsukib. (DAMM et al., 2012b). No Brasil, a etiologia da antracnose da pimenta foi por tempo baseada principalmente, em características morfológicas e fisiológicas, e quando da abordagem molecular, foram realizadas principalmente para o fungo associado ao

C. annuum (pimentão) (CAIRES et al., 2014; COSTA; PFENNING; POZZA, 2006; REIS; BOITEUX; HENZ, 2009; TOZZE JÚNIOR et al., 2009).

Oliveira et al. (2013), iniciaram o estudo do *Colletotrichum* associado à antracnose da pimenta de cheiro por análise de reação em cadeia polimerase PCR, apontando as espécies *C. gloeosporioides* e *C. acutatum* a partir de isolados da Amazônia. Recentemente novos relatos foram feitos em pimentas *C. frutescens* ‘Malagueta’ e ‘Tabasco’ além de *C. annuum* var. *annuum* ‘Jalapenho’, *C. chinense* ‘De cheiro’ e ‘Biquinho’ incluindo as espécies *C. brevisporum* Noireung, Phouliv., L. Cai & K.D. Hyde, *C. siamense* Prihast., L. Cai & K.D. Hyde (ALMEIDA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2017; SILVA et al., 2017).

Diante da importância do patossistema, a identificação é etapa essencial para o entendimento das condições epidemiológicas favoráveis ao desenvolvimento da doença e posterior adoção de estratégia de controle (SILVA et al., 2017).

Na Tailândia, Índia e China outras espécies também estão associadas, entre elas *C. fructicola* Prihast., L. Cai & K.D. Hyde e *C. asianum* Prihast., L. Cai & K.D. Hyde, e *C. siamense* (PHOULIVONG et al., 2012; SHARMA, SHENOY, 2014; WEIR et al., 2012). O *C. brisbanense* Damm, P.F. Cannon & Crous, *Colletotrichum simmondsii* R.G. Shivas & Y.P. Tan e *Colletotrichum queenslandicum* B.S. Weir & P.R. Johnst são espécies descritas associadas a *C. annuum*. na Austrália (WEIR et al., 2012). A espécie *C. scovillei* Damm, P.F. Cannon & Crous foi descrita por Damm et al. (2012 a) a partir de isolados de *Capsicum* spp. de outros países asiáticos a qual foi relatada no Japão por Kanto et al. (2014), como sendo responsável pela antracnose de pimenta. Esta espécie também já está relatada no Brasil associada a pimentão e a pimentas ‘Jalapenho’, ‘Malagueta’ no Nordeste e em *C. chinense* no Norte do país (OLIVEIRA et al., 2017; SILVA et al., 2017).

Na China *C. brevisporum* foi registrado em variedade de pimentas *C. annuum* variedade ‘dactylus’ e variedade ‘conóides’ (LIU et al., 2016). A espécie *C. truncatum* (Schwein) Andrus & W.D. Moore foi por vez adotada após Damm et al. (2009) sinonimizar *C. capsici* (Syd. & P. Syd.) E.J. Butler & Bisby (SHENOY; JEEWON; LAM, 2007) sendo associado a *C. frutescens* e *C. annuum* em diversas partes do mundo, como por exemplo na Austrália (RANATHUNGE et al., 2012), em Trinidad (RAMDIAL; RAMPERSAD, 2014), China (LIU et al., 2016) e Brasil (SILVA et al., 2017).

Silva et al. (2017) identificaram um isolado de *C. tropicale* E.I. Rojas, S.A. Rehner & Samuels oriundo de pimenta ‘Malagueta’ coletadas no Nordeste brasileiro que parece ser o primeiro relato em nível mundial.

Mais uma espécie foi recentemente descrita por Silva et al. (2017) onde caracterizaram o *Colletotrichum cairnsense* D. D. De Silva, R. Shivas & P. W. J. Taylor associada a *C. annuum* na Austrália, e também relataram a ocorrência das espécies *C. siamense*, *C. simmondsii*, *C. queenslandicum*, *C. truncatum* pela primeira vez na Austrália. Os autores discorreram que a necessidade da caracterização e identificação auxilia na identificação dos riscos que a produção local de pimenta pode sofrer com a introdução e ou ocorrência de espécies que até então não foram identificadas, referindo-se ao potencial virulento destas espécies, já que *C. cairnsense* foi capaz de infectar frutos mesmo na ausência de ferimentos.

Na China, Liu et al. (2016) mostraram as espécies que estão associadas à *Capsicum* e descreveram *Colletotrichum sichuanensis* G.S. Gong & F.L. Liu associado a *C. annuum* além da incidência dos fungos *C. gloeosporioides*, *C. siamense*, *C. fructicola*, *C. truncatum*, *C. scovillei*, e demonstraram a capacidade patogênica destas espécies em variedade de pimentas *C. annuum* var. 'dactylus' e var. 'conóides' além da inoculação cruzada em pêra (*Pyrus pyrifolia* L.), onde também foram patogênicos.

Em quadro geral, o que se observa são lesões deprimidas e necróticas que tornam os frutos não comercializáveis, pela presença dos sinais do fungo, como a abundante massa de conídios de coloração salmão (rosa-alaranjada) sobre a lesão, a qual fornece o inóculo secundário capaz de infectar frutos adjacentes (REIS; BOITEUX; HENZ, 2009; HARP et al., 2014; HENZ, 2006 b; PEREIRA et al., 2011; TÖFOLI, DOMINGUES, FERRARI, 2015). A ocorrência da antracnose na pimenta segue, de forma geral, os aspectos epidemiológicos que se observa para o desenvolvimento das lesões em outras hortaliças, favorável em condições de alta umidade e faixa de temperatura 20-28 °C e em ocorrência de chuva a qual pode facilmente disseminar os conídios de *Colletotrichum* no campo, onde no mesmo poderá ser iniciado o processo de penetração e infecção, que por sua vez se manifestará na colheita ou mesmo nos frutos colhidos, que em contato com outros doentes serão contaminados (HENZ, 2006 b).

Colletotrichum em *Capsicum* apresenta características diferentes a depender da espécie o processo de penetração. Poderá acontecer ou não com auxílio do apressório, mas que poderá passar a emitir estruturas dendróides altamente ramificadas e de paredes grossas capazes de penetrar diretamente na cutícula de pimentas conforme observou Liao et al. (2012) para interação pimenta x *C. acutatum*.

Na interação entre *C. gloeosporioides* x *Capsicum annuum* cv. Jejujaerae não se observou a formação de vesícula, mas, o condensamento das células da epiderme junto ao

aumento de pequenas áreas vacuoladas com intensa destruição das células subepidérmicas que de acordo com os autores está associado ao comportamento do crescimento do fungo sobre as pimentas (KIM et al., 2004). Outro estilo de colonização pode ser desenvolvido quando se faz necessário um estágio quiescente do *C. truncatum* para infectar pimentas em um período de até seis dias, essencial para que os compostos de resistência do fruto sejam superados e o fungo desenvolva-se apresentando sintomas característicos das lesões por antracnose (RANATHUNGE et al., 2012).

Pimenta – características e pós-colheita

As pimentas são hortaliças, possuem frutos imaturos carnosos, polispérmicos, do tipo baga de estrutura oca e quanto à fisiologia da caracterização de etileno são frutos não-climatéricos (AIZAT; ABLE; ABLE, 2013; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Como são frutos tropicais, enfrentam na pós-colheita a perda de água da baga e do pedúnculo que compromete a viabilidade para mercado destinado ao consumo in natura, e ocasiona redução na vida útil pós-colheita (MATOS et al., 2008). A conservação pós-colheita da pimenta pode ser alcançada com emprego da refrigeração, conforme recomendada pela Embrapa (2007). Temperatura na faixa de 7 a 12 °C são as mais indicadas para reduzir a respiração e outros processos fisiológicos durante este estágio fenológico. As embalagens também podem favorecer ao prolongamento da vida de prateleira das pimentas em temperatura ambiente na faixa de temperatura de 23-26°C, e isto incluem embalagens plásticas, como sacos de polietileno, filme de PVC (filme de cloreto de polivinila) ou tipo PET (EMBRAPA, 2007), ressaltando a possibilidade de este ambiente modificado favorecer a proliferação de fungos levando à podridões pós-colheita no pedúnculo e sob fruto.

Duarte et al. (2016) avaliaram a conservação pós-colheita de pimentas *C. chinense* cv. ‘Biquinho’ e observaram que sob atmosfera modificada a 2°C as pimentas não perderam massa fresca até os 40 dias de armazenamento, em detrimento das pimentas mantidas sem embalagens que obtiveram perda de massa após 30 dias de armazenamento.

De forma semelhante Gravina, Henz e Carvalho (2004), observaram que a qualidade de pimentas das variedades ‘Cumari do Pará’, ‘Murupi’, ‘Bode Vermelha’ e ‘Bode Amarela’ de *C. chinense*, mantiveram valor comercial quando mantidas em embalagens de PVC a 8°C, onde tiveram menor perda de massa.

Silveira et al. (2015) testaram dois tipos de embalagens sob o tempo de prateleira da pimenta *C. chinense* ‘De cheiro’ e constataram que o uso de bandejas de poliestireno

recoberto com filme de PVC não contribui para manutenção da qualidade dos frutos a temperatura ambiente, as quais perdem a capacidade de apresentação comercial. Já os potes de polietileno mantiveram boa aparência das pimentas sem interferir nos teores de sólidos totais (SILVEIRA et al., 2015).

Os estudos de conservação ainda podem caracterizar o efeito do emprego das embalagens na manutenção das características de qualidades, como conteúdo de sólidos totais (ST), acidez titulável (AT), da firmeza da polpa expressa em Kg/f ou Newtons (N), qual relaciona a textura, e a aparência pela cor (brilho, cromaticidade) frequentemente pelo sistema CIELAB (L, *a e *b) onde a* corresponde do verde (- a) ao vermelho (+ a), às cores que variam do azul (- b) ao amarelo (+ b) e L pela luminosidade corresponde às cores que vão do branco (+ L) ao preto (- L) (MATOS, MORRETI; HENZ, 2007).

No entanto esses trabalhos são resultado da caracterização fisiológica em pós-colheita não destinado à avaliação do efeito da conservação no prolongamento da vida útil das pimentas e grande parte se concentra apenas em pimenta *C. chinense*, não diretamente relacionado o efeito sob o desenvolvimento e/ou redução de podridões nesta espécie nem para outras pimentas como *C. baccatum* e *C. frutescens*.

Manejo da antracnose em pimenta

As estratégias de manejo comumente apresentadas para o controle da antracnose em pimenta estão baseadas em estudos de fontes de resistência, apontando genótipos potenciais a espécies e patótipos de *Colletotrichum* além do controle químico, baseado na utilização de fungicidas (CHUNYING et al., 2015; HARP et al. 2014; MAHASUK; CHINTHAISONG; MONGKOLPORN, 2013; RANATHUNGE et al., 2012).

Contudo, as fontes de resistência são escassas em pimentas e considerando que são poucas as cultivares comerciais disponíveis com níveis de resistência ao *Colletotrichum* estas em nível mundial estão associadas às espécies *C. baccatum* e *C. chinense* (PARK et al., 2009; THAN et al., 2008). No Brasil a cv. BRS Mari de *C. baccatum* var. *pendulum* é a única cultivar comercial referida com certo nível de resistência a *Colletotrichum* (CARVALHO et al., 2009). Recentemente Padilha (2017) e Silva et al. (2014) demonstraram o potencial de *C. baccatum* como resistente à *C. gloeosporioides* após inoculação em frutos dos genótipos UENF 1718 e UENF 1797 e P27, oriundos de coleções que retratam diversidade genética, respectivamente no Sudeste e Sul do País, para uso no melhoramento genético.

Diante da relevância da doença na cultura, o controle químico para antracnose no campo ainda é a principal forma de manejo. São diversos grupos químicos utilizados no manejo da antracnose ainda no campo em diversos países, dentre eles, carbendazim, difenoconazole, propiconazole, azoxystrobina contra *C. capsici* (*C. truncatum*) e *C. gloeosporioides* (KIM et al., 2007; SAXENA et al., 2016; SOYTONG et al., 2014; THAN et al., 2008). No Brasil, apenas os fungicidas mancozeb, fluxapiróxade, oxiclóreto de cobre e óxido cuproso dos grupos químicos ditiocarbamatos, carboxamida+estrobirulina e cúprico respectivamente, são recomendados para a cultura (AGROFIT, 2003; PEREIRA et al., 2011; TÖFOLI, DOMINGUES, FERRARI, 2015).

Embora seja utilizado e prático, a aplicação de fungicidas no manejo da antracnose é a estratégia que traz mais efeito negativo, com impacto que ressaltam riscos à saúde e também porque não se tem garantido sucesso na redução desta doença (CHUYNG et al., 2015). É importante salientar que o eficiente modo de infecção do *Colletotrichum* em pós-colheita, o qual possui a possibilidade de permanecer no fruto em estágio quiescente levando a visualização dos sintomas nos frutos no momento determinante para comercialização, durante o armazenamento. Este fato retrata os valores das altas perdas com esta doença tanto em cultivos tropicais como subtropicais (SAXENA et al., 2016).

Em pós-colheita, esses produtos não são adequados a ser utilizado, o que torna a antracnose tão problemática nesta fase, além disso, como salienta Saxena et al. (2016), a doença é responsável pela perda direta da qualidade dos frutos, logo, faz-se necessário a adoção de medidas sustentáveis para o controle. Ainda são escassos os trabalhos que relatam a eficiência do controle em nível de pós-colheita, principalmente que demonstrem modo de ação e resultem na redução da incidência sobre o fruto (ALI et al., 2016).

A grande maioria dos trabalhos refere-se à antracnose de *C. annuum*, sendo com estudos a base de tratamentos alternativos, como extrato aquoso e/ou etanólico de plantas por (Alves et al. 2015). Esses autores demonstraram sob condições controlada de temperatura e frente a diferentes concentrações de inóculo e dos extratos de 16 espécies botânicas, que o extrato aquoso de *Allium sativum* (alho) reduz em até 75% a severidade através da concentração letal efetiva (CL_{75}) e manteve mais de 90% a eficiência do tratamento a 20-30°C. De igual forma Sundaremoorthy; Usharani e George (2014) avaliaram a eficiência de extratos aquosos sobre antracnose de *C. annuum* x *C. capsici* quando pulverizados ainda no campo, obtendo redução na incidência dos frutos em até 50,29% através do extrato de alho a concentração de 20%.

A eficiência de óleos essenciais também vem sendo avaliada. Ali et al. (2014) demonstraram o efeito combinatório do recobrimento do fruto *C. annuum* x *C. capsici* com óleo de canela (*Cinnamomum*) 0,1% junto ao extrato de própolis 5% em base de goma arábica 5%, sendo efetivo biofungicida em pós-colheita no controle da antracnose e extensão da vida útil do fruto. O potencial de óleos essenciais de 10 espécies botânicas foi avaliado quanto ao efeito sobre a antracnose de *C. gloeosporioides* em pimentas ‘Dedo-de-moça’ e ambos mostraram eficiência na redução do tamanho da lesão (SOUZA; SERRA; MELO, 2012). Produtos naturais e indutores de resistência, Acadian[®], Biopiról[®], Neemseto[®], Quitosana, e Rocksil[®] em formulação comercial foram avaliados quanto ao controle da antracnose em pimentas ‘Dedo-de-moça’ (GOMES; SERRA, 2013) mostrando redução da lesão de *C. gloeosporioides*.

A utilização das leveduras *Meyerozyma (Pichia) guilliermondii* (Wick.) Kurtzman & M. Suzuki (NANTAWANIT et al., 2010) e *Rhodotorula glutinis* (Fresen.) F.C. Harrison (FRANÇA et al., 2015) em concentração de 10⁸ células/mL como parte de controle biológico em pós-colheita de *C. annuum* sob condições controladas, mostravam potencial na redução da antracnose por *Colletotrichum* spp., pois reduziram o diâmetro médio das lesões. Para o controle da antracnose em *C. frutescens* e *C. annuum* (pungentes e pimentão) a levedura *P. guilliermondii* em alta concentração (10⁹ células/mL) mostrou-se antagonista, reduzindo o desenvolvimento de *C. capsici* (CHANCHAICHAOVIVAT et al., 2007).

Dentre alternativas atuais, o emprego do controle por métodos físicos como fumigação com ozônio sob os frutos aliados ao rigor na temperatura de armazenamento e controle da umidade (ALWI; ALI, 2014), também já foi demonstrado ter potencial efeito na redução na incidência da antracnose de *C. annuum*, ao mesmo passo de sais inorgânicos de sódio e potássio (AJITH; LAKSHMIDEVI, 2011) sobre *C. frutescens* e contra *C. capsici*, capaz de reduzir o crescimento e germinação do fungo *in vitro* e também reduzir a antracnose no fruto em até 82 %.

Esses trabalhos vislumbram o potencial do emprego de produtos alternativos em pós-colheita contra antracnose da pimenta, sem comprometimento do fruto e que reduza eficientemente a incidência da doença. O melhor caminho para busca de métodos alternativos a utilização de fungicidas, surge da necessidade de exigências recentes de que a utilização do produto em questão seja biocompatível, seguro ao ambiente, não-tóxicos para humanos e animais e consigam ser biodegradáveis de forma fácil, além das barreiras que podem ser impostas às exportações de frutos pelo efeito tóxico residual de fungicidas (AJITH; LAKSHMIDEVI, 2011; SAXENA et al., 2016).

Neste sentido se vê uma crescente busca da utilização de substâncias combinada a outras estratégias em pós-colheita que não priorize apenas a utilização de fungicidas. Surgem dentro deste contexto a avaliação de substâncias derivadas de sais orgânicos e inorgânicos em paralelo ao controle químico usual com fungicidas, à praticidade econômica dentro da cadeia de hortaliças e frutas frescas (PALOU et al., 2016).

Manejo pós-colheita de podridões com utilização de sais

Ali et al. (2016) enumeraram práticas convencionais e estratégias de manejo pós-colheita que visam encarar a antracnose da pimenta, de forma que tal escolha supere a utilização do controle químico convencional, muitas vezes já restrito em alguns países. No Brasil, por exemplo, não se tem registro do emprego de fungicidas na fase pós-colheita da pimenta. Consideram que os sais, como estratégia de manejo, podem ser uma alternativa tão eficiente quanto os fungicidas, além de ser empregado em sinergismo com outros compostos naturais (ALI, et al, 2016).

A busca em pós-colheita de um tratamento que reduza a incidência da podridão além de estender a vida útil sem comprometer a qualidade da fruta e/ou hortaliça que seja destinada ao consumo *in natura* ou processada. Observa-se nos últimos anos a crescente utilização de sais com capacidade antimicrobiana pelo tratamento via imersão em solução, reunindo dentre estes sais orgânicos, inorgânicos e substâncias aditivas de alimento, denominadas GRAS (Generally Regarded as Safe) atendendo ao fato de não causar risco à saúde em lista regida pela FAO (PALOU et al., 2016).

Dos sais utilizados em pós-colheita como emprego do controle alternativo, são observados inúmeros e com diferentes comportamentos, na redução do crescimento ou na inibição da germinação de estruturas propagativas do patógeno alvo, que em sua maioria são fungos causadores de podridões nas mais diversas culturas hortifrutícolas.

Sais de bicarbonato (NaHCO_3), carbonato de sódio (Na_2CO_3) e sorbato de potássio foram empregados em citros (*Citrus* L.) na redução de mofo causado por *Penicillium* spp Link. (CERIONI et al., 2013). NaHCO_3 a 0.6% foi utilizado no controle do mofo azul e da produção de patulina por *Penicillium expansum* Link. em pêras (LAI et al., 2015). De acordo com Chervin; Lavigne; Westercamp (2009) demonstraram o efeito de cloreto de cálcio (CaCl_2) na redução do mofo cinzento por *Botrytis cinérea* Pers. em uvas (*Vitis vinifera* L.) de mesa. Outros sais, como sorbato de potássio e fosfito de potássio (Phi K), também promoveram a redução de podridões em citros (*Citrus sinensis* L. Osbeck) causadas pelos

patógenos *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc., *Penicillium italicum* Wehme, *Geotrichum criti-aurantii* (Ferraris) E.E. Butler, através da imersão dos frutos em solução aquosa (CERIONI et al., 2013). OPhi K aplicado em solução à diferentes temperaturas foi avaliado quanto a redução da incidência da podridão marrom dos citros pelos oomicetos *Phytophthora citrophthora* (R. E. Sm. & E. H. Sm.) Leonian e *P. syringae* (Kleb.) Kleb comparado à tratamento convencional da imersão dos frutos cítricos em solução com fungicidas (ADASKAVEG; HAO; FÖRSTER, 2015).

O sorbato de potássio quando aplicado em combinação ao uso de fungicidas convencionais na uva de mesa ‘Thompson Seedless’ foi eficiente em reduzir podridões advindas de infecções quiescentes iniciadas no campo por *B. cinera*, *Alternaria* Ness. e *Penicillium* nos primeiros dois anos do estudo, e apesar de não ter dado resposta eficiente no terceiro ano de avaliação sobre bagas inoculadas artificialmente com *B. cinerea*, não comprometeu atributos de qualidades das bagas que teve incremento no conteúdo da endoquitinase e resveratrol, possivelmente envolvido na indução de resistência contra o desenvolvimento de podridões (FELIZIANI et al, 2013).

As GRAS foram utilizadas em tratamentos combinados que incluíram a utilização de fungicida no manejo pós-colheita em romã (*Punica granatum* L.) submetida a diferentes condições controladas de armazenamento e foram capazes de contribuir na manutenção das qualidades físicas e químicas, no entanto apenas na combinação de tratamentos exerceu efeito na redução do mofo por *B. cinerea* (PALOU; CRISOSTO; GARNER, 2007).

Outros sais também são utilizados e demonstrados em vários trabalhos mais recentes, como uso de sais inorgânicos. Exemplo deste é o potencial do selênio (Se) (WU et al.,2016) a partir do sal inorgânico de selenito de sódio ($\text{Na}_2\text{O}_4\text{Se}$) que mostrou-se efetivo no retardo do mofo cinzento em tomates cv. Zhenbao através do efeito direto no crescimento do fungo, com dano celular e efetividade a uma concentração inibitória da germinação do fungo a 24 mg Se/L^{-1} do sal. Outro sal, o tetraborato de potássio ($\text{K}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) já foi avaliado como potencial controle alternativo pós-colheita, que pode exercer ruptura da membrana celular do fungo *B. cinerea* reduzindo a incidência do mofo cinzento em bagas de uva de mesa (QIN et al., 2010), e foi efetivo em reduzir o tamanho da lesão da antracnose em mangas (*Mangifera indica* L. cv. Tai Nong 1) através do acúmulo de espécies reativas de oxigênio em conídios de *C. gloeosporioides* o qual resultou na inibição da sua germinação (SHI et al.,2012).

Sais de fosfitos também merecem atenção. Estes sais derivam do ácido fosforoso (H_3PO_3), os quais se encontram em estado tautomérico de equilíbrio, e são resultantes da neutralização do ácido fosforoso em grande maioria pela base hidróxido de potássio (KOH) e

adquire utilização comercial quando o resultado deste está vinculado a um cátion metálico K^+ , Na^+ , Ca^+ , NH_4^+ e um ânion metálico e desta forma podem ser denominados a partir do cátion ou ânion ao qual está atrelado (CERIONI et al., 2013; DELIOPOULUS; KETTLEWELL; HARE, 2010; GÓMEZ-MERINO; TREJO-TÉLLEZ, 2015).

Tratam-se de produtos facilmente adquiridos no mercado como os sais de fosfito e sódio, que dispensam maiores tecnologias de emprego, pois possuem mínimos riscos ao manuseio (ACHARY et al., 2017). Com o crescimento do emprego dos fosfitos para fins do controle de fitopatógenos, inclusive na pós-colheita, a legislação em nível mundial deverá acompanhar essa tendência de uso e conseqüentemente pontuar a utilização destes sais em frutas e hortifrutícolas, principalmente órgãos como FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations, FDA-Food and Drug Administration of U.S.A, EPA-United States Environmental Protection Agency em exigências a mercados importadores em vistas aos limites máximos residuais (LMRs) (GÓMEZ-MERINO; TREJO-TÉLLEZ, 2015).

Nos Estados Unidos os fosfitos, junto a outros sais, estão dentro das considerações das agências reguladoras, aderem aos mesmos como GRAS, de acordo com limite de uso estipulado (Environmental Assessment for Food Contact Notification FCN 1769, 2017).

É importante reconhecer quais concentrações mínimas de fosfitos a ser utilizadas em pós-colheita para evitar-se, sobretudo, a fitotoxidez sobre o produto vegetal, já que em aplicações foliares não se deve ultrapassar 5 g.L^{-1} (HARDY; BARRET; SHEARER et al., 2001). Em termos de níveis residuais a União Européia adota os LMRs para os produtos derivados de ácidos fósforos e análogos, para o produto fosetyl-Al, em pimentas e pimentões, por exemplo, o LMR é de 130 mg/Kg (COMMISSION REGULATION-75, 2016).

O que faz os fosfitos serem tão atrativos na pós-colheita das hortifrutícolas são os possíveis modos de ação, principalmente, sobre a manutenção da qualidade destas hortifrutícolas que nesta fase já estão aptas para a comercialização. A aplicação de fosfito não influenciarem negativamente na cor da casca dos citros tratados com fosfito de potássio (CERIONI et al., 2013), característica física que atribui qualidade aos frutos assim como também relatado em mamão (*Carica papaya* L.) tratados com este mesmo fosfito (DEMARTELAERE et al., 2017). Além da aparência (cor), a textura pela mensuração da firmeza, são importantes atributos mensuráveis em determinar à capacidade da hortifrutícola estar apta a comercialização, após adoção de um tratamento em pós-colheita qual deve então comprometer-se em manter os aspectos dos atributos de qualidade (CHITARRA, 2006; CHITARRA; CHITARRA, 2005). O tratamento com os fosfitos pode levar a uma resposta

bioquímica da interação do fruto x tratamento frequentemente avaliada pelo aumento ou decréscimo das atividades de enzimas reativas de oxigênio (ALEXANDRE et al., 2014; DEMARTELAERE et al., 2017), e tal efeito pode ser complementar a ação fungistática destes produtos sobre o fungo que despontam cada vez mais como fungicida (ACHARY et al., 2017) além de não exercerem efeito ou pelo menos não alterarem conteúdo de sólidos totais e da acidez da polpa do fruto tratado (AMARAL et al., 2017).

Os fosfitos comercializados como fertilizantes (P_2O_5), adquiriram ao longo dos anos notória utilização prática no estímulo à defesa de plantas contra ataque de patógenos, na utilização em pós-colheita visando prolongamento da vida útil e redução na incidência de podridões, para além da atuação como fertilizante (GÓMEZ-MERINO; TREJO-TÉLLEZ, 2015), e uma das principais características que motivou esse efeito fungicida deve realmente estar associado ao fato destes sais serem capazes de ficar retido no tecido da planta, possuir mobilidade dentro da mesma com reflexo no tecido do fruto (McDONALD; GRANT; PLAXTON, 2000). O emprego dos fosfitos em hortifrutícolas é visualizado para algumas culturas, notoriamente em batata (*Solanum tuberosum* L.), na redução das podridões dos tubérculos com aplicações do fosfito de potássio em pré e pós-colheita (LOBATO et al., 2010; LOBATO et al., 2011; OLIVIERI et al., 2012). No entanto, em *Capsicum*, se observa escassos trabalhos com efeito dos fosfitos sobre fruto e na redução de doenças. Foster et al. (1998) avaliaram efeito do ácido fosforoso e seus derivados, fosfitos a 1 mM ou 0.1 mM em tomate cv. Bonny Best e pimentão cv. Joe Park em cultivo hidropônico na redução da incidência de *Phytophthora capsici* Leonian e sobre crescimento das plantas considerando atributos de produção como produção da parte área e peso de raízes.

O emprego dos sais de fosfitos para a redução de podridões em frutas é facilmente verificado nos últimos anos em diversos trabalhos, prioritariamente em citros e maçã (*Malus domestica* Borkh) para redução de mofos dos fungos do gênero *Penicillium*, *Monilinia* e *Botrytis* (BLUM et al., 2007; BRACKMAN et al., 2004; FELIZIANI et al., 2013). Mais recente observamos em outros patossistemas a utilização de fosfito no controle de podridões em pós-colheita, como abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) x *Fusarium guttiformi* Nirenberg & O'Donnell (MELO et al., 2016), uvas x *Aspergillus niger* (DAMBROS et al., 2016) e mamão x *L. theobromae* (AMARAL et al., 2017).

No Brasil poucos trabalhos referem-se ao controle da antracnose pós-colheita utilizando sais de fosfitos, como exemplos tem-se para o jiló *Solanum gilo* L. x *Colletotrichum tamarilloi* Damm, P.F. Cannon & Crous (ALEXANDRE et al., 2014) mamão x *C. gloeosporioides* (DEMARTELAERE et al., 2017; LOPES et al., 2017), e goiaba

(*Psidium guajava* L.) x *Colletotrichum* (FISCHER et al., 2016), onde apontam o potencial destes produtos no manejo da doença.

Não há até o presente nenhum relato de estudo que avalie o (s) efeito(s) de sais de fosfitos sobre redução da antracnose da pimenta, o que justificou a realização desta pesquisa e que poderá contribuir para o entendimento do manejo alternativo da doença nessa cultura. Diante do exposto buscou-se avaliar os efeitos dos fosfitos de potássio, cálcio, cálcio + boro e cobre como estratégia de controle alternativo da antracnose por *Colletotrichum* sobre as principais cultivares de pimentas encontradas no Nordeste brasileiro avaliando-se os atributos: físico-químico, coloração da casca e bioquímico, a análise estrutural dos tecidos de pimentas tratadas em pós-colheita e da análise estrutural dos tecidos de pimentas tratadas em pré-colheita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABHAYASHREE, M. S.; MURALI, M.; AMRUTHE, S. H. Abiotic elicitors mediated resistance and enhanced defense related enzymes in *Capsicum annuum* L. against anthracnose disease. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v. 204, p. 172-178, 2016.
- ABRAS - Associação Brasileira de Supermercados, 2011. Disponível em: <<http://www.abras.com.br/clipping.php?area=9&clipping=18533>> Acesso em: 21 set. 2017.
- ABRASEM - Associação Brasileira de Sementes e Mudas – Anuário 2014. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2013/09/Anu%C3%A1rio-Abrasem-2014.pdf>> Acesso em: 21 set. 2017
- ACHARY, V. M. M.; AMI, B.; MANNA, M.; DATTA, D.; BHATT, A.; REDDY, M. K.; AGRAWAL, P. K. Phosphite: a novel P fertilizer for weed management and pathogen control. **Plant Biotechnology Journal**, Oxford, v.15, p. 1–16, 2017.
- ADASKAVEG, J. E.; HAO, W.; FÖRSTER, H. Postharvest strategies for managing *Phytophthora* brown rot of citrus using potassium phosphite in combination with heat treatments. **Plant Disease**, St. Paul, v. 99, p.1477-1482, 2015.
- AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. 2003. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 21 set. 2017.
- AIZAT, W. M.; ABLE, J. A.; STANGOULIS, J. C.; ABLE, A. J. Characterisation of ethylene pathway components in non-climateric *Capsicum*. **BMC Plant Biology**, London, v.13, n.191, p. 1-14, 2013.

- AJITH, P. S.; LAKSHMIDEVI, N. Effects of sodium and potassium salts on *Colletotrichum capsici* incitant of anthracnose on bell pepper. **Journal of Agricultural Technology**, Bangkok, v.7, n. 2, p. 423-430, 2011.
- ALAGOAS NET, 2013. Mão de obra feminina impulsiona produção de pimenta tabasco no Perímetro Irrigado do Marituba da Codevasf. Disponível em: <<http://www.alagoasnanet.com.br/v3/mao-de-obra-feminina-impulsiona-producao-de-pimenta-tabasco-no-perimetro-irrigado-do-marituba-da-codevasf>> Acesso em: 21 set. 2017.
- ALEXANDRE, E. R.; HERCULANO, L. M.; SILVA, J. M.; OIVEIRA, S. M. A. Fosfitos no manejo da antracnose do jiló. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 12, p. 930-938, 2014.
- ALI, A.; BORDOH, P. K.; SINGH, A.; SIDDIQUI, Y.; DROBY, S. Post-harvest development of anthracnose in pepper (*Capsicum* spp): etiology and management strategies. **Crop Protection**, Guildford, v.90, p.132-141, 2016.
- ALI, A.; CHOW, W.; NOOSHEEN, Z.; ONG, M. Efficacy of propolis and cinnamon oil coating in controlling post-harvest anthracnose and quality of chilli (*Capsicum annuum* L.) during cold storage. **Food Bioprocess Technology**, Dubin, v.7, n.9, p.2742-2748, 2014.
- ALMEIDA, L. B.; MATOS, K. S.; ASSIS, L. A. G.; HANADA, R. E.; SILVA, G. F. First report of anthracnose of *Capsicum chinense* in Brazil caused by *Colletotrichum brevisporum*. **Plant Disease**, St. Paul, v.101, n. 6, p. 1035, 2017.
- ALVES, K. F.; LARANJEIRA, D.; CÂMARA, M. P. S.; CÂMARA, C. A. G.; MICHEREFF, S. J. Efficacy of plant extracts for anthracnose control in bell pepper fruits under controlled conditions. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 33, p. 332-338, 2015.
- ALWI, A. N.; ALI, A. Dose-dependent effect of ozone fumigation on physiological characteristics, ascorbic acid content and disease development on bell pepper (*Capsicum annuum* L.) during storage. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v. 8, p. 558-566, 2014.
- AMARAL, D. D.; MONTEIRO, A. L. R.; SILVA, E. I.; LINS, S. R. O.; OLIVEIRA, S. M. A. Frequency of quiescent fungi and post-harvest alternative management of stem and rot in papaya. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 786-793, 2017.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2010. Disponível em: <<http://www.gaz.com.br/editora/anuarios/3158>> Acesso em: 21 set. 2017.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2011. Disponível em: <<http://www.gaz.com.br/editora/anuarios/3158>> Acesso em: 21 set. 2017.

- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2012. Disponível em: <<http://www.gaz.com.br/editora/anuarios/3158>> Acesso em: 21 set. 2017.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2013. Disponível em: <<http://www.gaz.com.br/editora/anuarios/3158>> Acesso em: 21 set. 2017.
- ARARAPIRACA NEWS, 2017. Pimenta malagueta será ouro vermelho do agreste de Alagoas. Disponível em: <<http://arapiracanews.com/agricultura/298/2016/06/23/pimenta-malagueta-sera-o-ouro-vermelho-do-agreste-de-alagoas>> Acesso em: 21 set. 2017.
- BLUM, L. E. B.; AMARANTE, C. V. T.; DEZANET, A.; LIMA, E. B.; NETO, P. H.; ÁVILA, R. D.; SIEGA, V. Fosfitos aplicados em pós-colheita reduzem mofo-azul em maçãs ‘Fuji’ e ‘Gala’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 265-268, 2007.
- BRAGA, A. Agronegócio: pimenta ‘tabasco’ no Ceará: realidade e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. 2011, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Olericultura, 2011. v. 29, n. 2.
- BRANCKMANN, A.; GIEHL, R. F. H.; SESTARI, I.; STEFFENS, C. A. Fosfitos para o controle de podridões pós-colheita em maçãs ‘Fuji’ durante o armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1039-1042, 2004.
- BUSO, G. S. C. LOURENÇO, R. T.; BIANCHETTI, L. B.; LINS, T. C. L.; POZZONBON, M. T.; AMARAL, Z. P. S.; FERREIRA, M. E. Espécies silvestres do gênero *Capsicum* coletadas na Mata Atlântica Brasileira e sua relação genética com espécies cultivadas de pimenta: uma primeira abordagem genética utilizando marcadores moleculares. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2001. 22 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 7).
- CAI, L.; HYDE, K. D.; TAYLOR, P. W. J.; WEIR, B. S.; WALLER, J. M.; ABANG, M. M.; ZHANG, J. Z.; YANG, Y. L.; PHOULIVONG, S.; LIU, Z. Y.; PRIHASTUTI, H.; SHIVAS, R. G.; MCKENZIE, E. H. C.; JOHNSTON, P. R. A polyphasic approach for studying *Colletotrichum*. **Fungal Diversity**, Kunming, v. 39, p. 183-204, 2009.
- CAIRES, N. P.; PINHO, D. B.; SOUZA, J. S. C.; SILVA, M. A.; LISBOA, D. O.; PEREIRA, O. L.; FURTADO, G. Q. First report of anthracnose on pepper fruit caused by *Colletotrichum scovillei* in Brazil. **Plant Disease**, St. Paul, v. 98, n.10, 2014.
- CANNON, P. F.; DAMM, U.; JOHNSTON, P. R.; WEIR, B. S. *Colletotrichum* current status and future directions. **Studies in Mycology**, Utrecht, v.73, p. 181-213, 2012.
- CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; RIBEIRO, C. S. C.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. *Capsicum* germoplasm bank maintained by EMBRAPA vegetables, Brazil. In: EUCARPIA

- MEETING ON GENETICS AND BREEDING OF *CAPSICUM* AND EGGPLANT, 15. 2013, Torino. **Proceedings...** Torino: Eucarpia, 2013. p.199-204.
- CARVALHO, S. I. C.; RIBEIRO, C. S. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. 'BRS Mari': nova cultivar de pimenta Dedo-de-moça para processamento. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 27, n. 4, p. 571-573, 2009.
- CASTILHO, L. B.; REIS, A.; HENZ, G. P. Identificação morfométrica de isolados de *Colletotrichum* spp. causadores de antracnose em solanáceas. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. 18 p. (Boletim Técnico de Pesquisa e Desenvolvimento, 29).
- CERIONI, L.; RAPISARDA, V. A.; DOCTOR, J.; FIKKERT, S.; RUIZ, T.; FASSEL, R.; SMILANICK, J. L. Use of phosphite salts in laboratory and semicommercial tests to control citrus postharvest decay. **Plant Disease**, St. Paul, v. 97, p. 201-212, 2013.
- CHANCHAICHAOVIVAT, A.; RUENWONGSA, P.; ANDPANIJPAN, B. Screening and identification of yeasts strains from fruit and vegetables: potential for biological control of postharvest chilli anthracnose (*Colletotrichum capsicii*). **Biological Control**, Orlando, v. 42, n. 3, p. 326-335, 2007.
- CHERVIN, C.; LAVIGNE, D.; WESTERCAMP, P. Reduction of gray mold development in table grapes by pre harvest sprays with ethanol and calcium chloride. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 54, p. 115–117, 2009.
- CHITARRA, A. B. Interferência da fisiologia na patologia pós-colheita. In: OLIVEIRA, S. M. A.; TERAPO, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. H. (Org.) **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006, v. 1, p. 85-116.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CHUNYING, S.; LIA, M. S.; HAI, Z. Z.; ALAIN, P.; HAO, W. L.; XI, Z. B. Resistances to anthracnose (*Colletotrichum acutatum*) of *Capsicum* mature green and ripe fruit are controlled by a major dominant cluster of QTLs on chromosome P5. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v. 18, p. 81-88, 2015.
- COMMISSION REGULATION (EU) 75, 2016. Disponível em: <https://www.fsai.ie/uploadedFiles/Legislation/Food_Legislation_Links/Pesticides_Residues_in_food/Reg2016_75.pdf> Acesso em: 21 set. 2017.
- COSTA, M. H. D.; PFENNING, L. H.; POZZA, E. A. *Colletotrichum coccodes*, patógeno das solanáceas no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 315-315, 2006.

- DAMBROS, D.; MONTEIRO, A. L. R.; MELO, A. P.; LINS, S. R. O.; OLIVEIRA, S. M. A. Caracterização epidemiológica e fosfitos no manejo da podridão por *Aspergillus niger* em uva de mesa. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 11, n. 3, p. 171-177, 2016.
- DAMM, U.; WOUDEMBERG, J. H. C.; CANNON, P. F.; CROUS, P. W. *Colletotrichum* species with curved conidia from herbaceous hosts. **Fungal Diversity**, Kumingai, v. 39, p. 45-87, 2009.
- DAMM, U.; CANNON, P. F.; WOUDEMBERG, J. H. C.; CROUS, P. W. The *Colletotrichum acutatum* species complex. **Studies in Mycology**, Utrecht, v. 73, p. 37-113, 2012a.
- DAMM, U.; CANNON, P. F.; WOUDEMBERG, J. H. C.; JOHNSTON, P. R. P.; WEIR, B. S.; TAN, Y.; SHIVAS, R. G.; CROUS, P. W. The *Colletotrichum boninense* species complex. **Studies in Mycology**, Utrecht, v. 73, p. 1-36, 2012b.
- DELIOPOULUS, T.; KETTLEWELL, P. S.; HARE, M. C. Fungal disease suppression by inorganic salts: a review. **Crop Protection**, Guilford, v. 29, p. 1059-1075, 2010.
- DEMARTELAERE, A. C. F.; NASCIMENTO, L. C.; GUIMARÃES, G. H. C.; SILVA, J. A.; LUNA, R. G. Elicitors on the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 2, p. 211-217, 2017.
- DIÁRIO DO NORDESTE. **Produção de pimenta volta a ser destaque**, 2010. Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/regional/producao-de-pimenta-volta-a-ser-destaque-1.725671>> Acesso em: 21 set. 2017.
- DINHEIRO RURAL. **Lavoura picante**, 2013. Disponível em: <<http://revistadinheirorural.terra.com.br/secao/estilo-no-campo/lavoura-picante>> Acesso em: 21 set. 2017.
- DOMENICO, C. I.; COUTINHO, J. P.; GODOY, H. T.; MELO, A. M. T. Caracterização agrônômica e pungência em pimenta de cheiro, **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 3, p. 466-472, 2012.
- DONALD, G. **Pepper and capsacin (*Capsicum* and *Piper* Species)**. Barceloux: MD, 2009. p. 380-390.
- DUARTE, T. R.; TOMAZELLI, D.; AMORIM, C.; SPIDO, D. R.; PAULUS, B.; COSTA, B.; SELAU, D. E.; SEIBERT, E. Conservação de pimenta 'Biquinho' em atmosfera normal e modificada. In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 5. 2016, Ararangua. **Anais...** Ararangua: SICTI SUL, 2016.
- EMBRAPA. **Cultivares da Embrapa Hortaliças (1981-2013)**, 2014. Embrapa Hortaliças: Brasília, Embrapa, 2014. 182 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105302/1/Portifolio27-dez.pdf>> Acesso em: 21 set. 2017.

- EMBRAPA. **Pós-colheita pimenta *Capsicum spp.***, 2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/processamento.html#selecao>. Acesso em: 21 set. 2017.
- FAO – FAOSTAT, 2017. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>> Acesso em: 21 set. 2017.
- FDA. **Environmental Assessment for Food Contact Notification - FCN 17**. Disponível em: <<http://www.fda.gov/downloads/food/ingredientspackaginglabeling/environmentaldecisions/ucm568024.pdf>> Acesso em: 21 set. 2017.
- FELIZIANI, E., SMILANICK, J. L., MARGOSAN, D. A., MANSOUR, M. F., ROMANAZZI, G., GU, S., GOHIL, H. L.; RUBIO AMES, Z. Preharvest fungicide, potassium sorbate, or chitosan use on quality and storage decay of table grapes. **Plant Disease**, St. Paul, v. 97, p. 307-314, 2013.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura** - Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Editora UFV, 2005. v. 2, p. 238-245.
- FISCHER, I. H.; PALHARINI, M. C. A.; FILETI, M. S.; NOGUEIRA JÚNIOR, A. F.; PARISI, M. C. M. Tratamentos alternativos no controle da antracnose e sobre a qualidade de goiabas ‘Pedro Sato’. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 42, n. 4, p. 333-339, 2016.
- FÖRSTER, H.; ADASKAVEG, J. E.; KIM, D. H.; STANGHELLINI, M. E. Effect of phosphite on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to *Phytophthora* root and crown rot in hydroponic culture. **Plant Disease**, St. Paul, v. 82, p.1165-1170, 1998.
- FRANÇA, G. S.; COSTA e CARVALHO; R. R.; NEVES, R. P.; ARAÚJO, E. R.; LARANJEIRA, D. Controle pós-colheita da antracnose do pimentão pela levedura *Rhodotorula glutinis*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 451-459, 2015.
- GARG, R.; KUMAR, S.; KUMAR, R.; LOGANATHAN, M.; SAHA, S.; KUMAR, S.; RAI, A.B.; ROY, B.K. Novel source of resistance and differential reactions on chilli fruit infected by *Colletotrichum capsici*. **Australasian Plant Pathology**, v. 42, p.227-233, 2013.
- GLOBO RURAL - G1-2014. **Produção de pimenta na Paraíba**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2014/04/paraiba-vai-comercializar-pimenta-de-agricultura-familiar-na-copa-do-mundo.html>> Acesso em: 21 set. 2017.
- GOMES, E. C.; SERRA, I. M. R. S. Eficiência de produtos naturais no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em pimenta na pós-colheita. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 39, n. 4, p. 290-292, 2013.
- GÓMEZ-MERINO, F. C.; TEJO-TÉLLEZ, L. I. Biostimulant activity of phosphite in horticulture. **Scientia Horticulturae**, Netherland, v. 196, p. 82-90, 2015.

- GRAVINA, O.; HENZ, G. P.; CARVALHO, S. I. C. Conservação pós-colheita de pimentas da espécie *Capsicum chienense* com filme de PVC em duas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p.374-375, 2004.
- HANADA, R. E.; GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R.; ASSIS, L. A. G. Ocorrência de *Colletotrichum* sp. em pimenta de cheiro (*Capsicum chinense*) no Amazonas. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 36 (Suplemento), p. 795, 2011.
- HARDY, G. E. S.; BARRET, S.; SHEARER, B. L. The future of phosphite as a fungicide to control the soilborne plant pathogen *Phytophthora cinnamomi* in natural ecosystems. **Australasian Plant Pathology**, Melbourne, v. 30, p. 133-139, 2001.
- HARP, T.; KUHN, P.; ROBERTS, P. D.; PERNEZNY, K. L. Management and cross-infectivity potential of *Colletotrichum acutatum* causing anthracnose on bell pepper in Florida. **Phytoparasitica**, BetDagan, v. 42, p. 31-39, 2014.
- HENRIQUE, C. S.; CARMO, E. C.; SANTIAGO, L. S.; ABREU, F. R. A produção da pimenta ‘tabasco’ no estado do Ceará: um diagnóstico logístico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23. 2003, Ouro Preto. **Resumo...** Ouro Preto, 2003. p.1-8.
- HENZ, G. P. **Doenças das hortaliças**. In: OLIVEIRA, S. M. A.; TERAQ, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. H. **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006b. p. 642-644.
- HENZ, G. P. Perspectivas e potencialidade do mercado para pimentas. Embrapa Hortaliças. 1º In: ENCONTRO NACIONAL DO AGRONEGÓCIO DE PIMENTAS, 1. 2006, Brasília. **Resumo...** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006a. p.1-18.
- HORTIFRUTI BRASIL. **Ervas e especiarias**. Piracicaba: CEPEA/Esalq/USP, 2015. n.147, 42 p.
- IBGE- CENSO AGROPECUÁRIO – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006. Produção e valor da produção de pimenta e pimentões grandes regiões e unidades da federação. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/Brasil_censoagro2006.pdf> Acesso em: 21 set. 2017.
- JORNAL DA CIDADE.NET - **Produção de pimenta em Lagarto-SE**, 2013. Disponível em: <<http://www.jornaldacidade.net/mercado-leitura/63834/lagarto-produz-312-toneladas-de-pimenta.html#.VNwGpC7wovQ>> Acesso em: 21 set. 2017.

- KANTO, T.; UEMATSU, S.; TSUKAMOTO, T.; MORIWAKI, J.; YAMAGISHI, N.; USAMI, T.; SATO, T. Anthracnose of sweet pepper caused by *Colletotrichum scovillei* in Japan. **Journal of General Plant Pathology**, Japan, v. 80, n.1, p. 73-78, 2014.
- KIM, K. K.; YOON, J. B.; PARK, H. G.; PARK, E. W.; KIM, Y. H. Structural modifications and programmed cell death of chilli pepper fruits related to resistance responses to *Colletotrichum gloeosporioides* infection. **Phytopathology**, St. Paul, v. 94, p. 1295-1304, 2004.
- KIM, J. H.; LEE, J. H.; CHOI, W. Identification of genes expressed during conidial germination of the pepper anthracnose pathogen, *Colletotrichum acutatum*. **Journal of Life Science**, New Delhi, v. 23.n.1, p. 8-14, 2013.
- KIM, Y. S.; MIN, J. Y.; KANG, B. K.; BACH, N. V.; CHOI, W. B.; PARK, E. W. Analyses of the less benzimidazole-sensitivity of the isolates of *Colletotrichum* spp. causing the anthracnose in pepper and strawberry. **Plant Pathology Journal**, Faisalabad, p.187-192, 2007.
- KIM, J. T.; PARK, S. Y.; CHOI, W.; LEE, Y. H.; KIM, H. T. Characterization of *Colletotrichum* isolates causing anthracnose of pepper in Korea. **Plant Pathology Journal**, Faisalabad, v. 24, p. 7-23, 2008.
- LIAO, C. Y.; CHEN, M. Y.; CHE, Y. K.; KUO, K. C.; CHUNG, K. R.; LEE, M. H. Formation of highly branched hyphae by *Colletotrichum acutatum* with the fruit cuticles of *Capsicum* spp. **Plant Pathology**, London, v. 61, p. 262-270, 2012.
- LIU, F.; TANG, G.; ZHENG, X.; LI, Y.; SUN, X.; QI, X.; ZHOU, Y.; XU, J.; CHEN, H.; CHANG, X.; ZHANG, S.; GONG, G. Molecular and phenotypic characterization of *Colletotrichum* species associated with anthracnose disease in peppers from Sichuan Province, China. **Scientific Reports**, New York, v. 6, p. 1-17, 2016.
- LOBATO, M. C.; MACHINANDIARENA, M. F.; TAMBASCIO, C.; DOSIO, G. A. A.; CALDIZ, D. O.; DALEO, G. R.; ANDREU, A. B.; OLIVIERI, F. P. Effect of foliar applications of phosphite on post-harvest potato tubers. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 130, p. 155-163, 2011.
- LOBATO, M. C.; OLIVIERI, F. P.; DALEO, G. R.; ANDREU, A. B. Antimicrobial activity of phosphites against different potato pathogens. **Journal of Plant Disease and Protection**, Ulmer, v. 117, n. 3, p. 102-109, 2010.
- LOPES, L. F.; CRUZ, A. F.; BARRETO, M. L. A.; VASCONCELOS, T. M. M.; BLUM, L. E. B. Post-harvest treatment with Ca-phosphite reduces anthracnose without altering papaya

- fruit quality. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, England, p. 1-8, 2017. Doi.org/10.1080/14620316.2017.1361342.
- MAHASUK, P.; CHINTHAISONG, J.; MONGKOLPORN, O. Differential resistances to anthracnose in *Capsicum baccatum* as responding to two *Colletotrichum* pathotypes and inoculation methods. **Breeding Science**, Tokyo. v. 63, p. 333-338, 2013.
- MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L.; HENZ, G. P. **Protocolos de avaliação da qualidade química e física das pimentas (*Capsicum* spp.)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. 9 p. (Comunicado Técnico, 50).
- MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L.; HENZ, G. P.; SOUSA, R. M. D. Caracterização pós-colheita de espécies de *Capsicum* spp. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 179-186, 2008.
- McDONALD, A. E.; GRANT, B. R.; PLAXTON, W. C. Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, n. 10, p. 1505-1519, 2000.
- MELO, L. G. L.; SILVA, E. K. C.; CAMPOS NETO, J. R. M.; LINS, S. R. O.; RODRIGUES, A. A. C.; OLIVEIRA, S. M. A. Indutores de resistência abióticos no controle da fusariose do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 10, p. 1703-1709, 2016.
- MONTESINOS-HERRERO, C.; PALOU, L. Synergism between potassium sorbate dips and brief exposure to high CO₂ or O₂ at curing temperature for the control of citrus postharvest green and blue molds. **Crop Protection**, Guildford, v. 81, p. 43-46, 2016
- MONTRI, P.; TAYLOR, P. W. J.; MONGKOLPORN, O. Pathotypes of *Colletotrichum capsici*, the causal agent of chili anthracnose, in Thailand. **Plant Disease**, St. Paul, v. 93, p. 17-20, 2009.
- MOREIRA, G. R.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; RIBEIRO, C. S. C.R. Espécies e variedades de pimenta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, p. 16-29, 2006.
- NANTAWANIT, N.; CHANCHAICHAOVIVAT, A.; PANIJPAN, B.; RUENWONGSA, P. Induction of defense response against *Colletotrichum capsici* in chilli fruit by the yeast *Pichia guilliermondii* strain R13. **Biological Control**, Orlando, v. 52, p. 145-152, 2010.
- NUGROHO, L. H. Red pepper (*Capsicum* spp.) fruit: a model for the study of secondary metabolite product distribution and its management. **AIP Conference Proceedings**, New York, n. 174, 020034, 2016.
- OLIVEIRA, A. B.; SILVA, A. M.; LOPES, C. A.; RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, D.; CRUZ, D. M. R.; MARQUES, D. M. C.; FRANCA, F. H.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; BUSO, G. S.

- C.; BIANCHETTI, L. B.; FERREIRA, M. E.; POZZOBON, M. T.; RESENDE, R. O.; CARVALHO, S. I. C.; PINHEIRO, V. L.; CASALI, V. W. D. In: REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Org.) *Capsicum*: pimentas e pimentões no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2000. 113 p.
- OLIVEIRA, C. V. S.; ALBUQUERQUE, D. M. C.; SOUSA, N. R.; HANADA, R. E.; SILVA, G. F. Molecular characterization of *Colletotrichum* associated with anthracnose on *Capsicum chinense* in the state of Amazonas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GENÉTICA MOLECULAR DE PLANTAS, 4. 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Anais de Genética Molecular de Plantas, 2013.
- OLIVEIRA, C. V. S.; MATOS, K. S.; ALBUQUERQUE, D. M. C.; HANADA, R. E.; SILVA, G. F. Identification of *Colletotrichum* isolates from *Capsicum chinense* in Amazon. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 2, p. 1-10, 2017.
- OLIVIERI, F. P.; FELDMAN, M. L.; MACHINANDIARENA, M. F.; LOBATO, M. C.; CALDIZ, D. O.; DALEO, G. R. ANDREU, A. B. Phosphite applications induce molecular modifications in potato tuber periderm and cortex that enhance resistance to pathogens. **Crop Protection**, Guildeford, v. 32, p. 1-6, 2012.
- PADILHA, H. K. M. **Recursos genéticos de pimentas (*Capsicum*, *Solanaceae*): diversidade genética, resistência à antracnose e produção de metabólitos especializados**. 2017, 108 f. Tese (Doutorado em Ciências: Fitomelhoramento) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.
- PAULUS, D.; VALMORBIDA, R.; SANTIN, A.; TOFFOLI, E.; PAULUS, E. Crescimento, produção e qualidade de frutos de pimenta (*Capsicum annum*) em diferentes espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 33, p. 91-100, 2015.
- PALOU, L.; ALI, A.; FALLIK, E.; ROMANAZZI, G. GRAS, plant- and animal-derived compounds as alternatives to conventional fungicides for the control of postharvest diseases of fresh horticultural produce. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 122, p. 41-52, 2016.
- PALOU, L.; CRISOSTO, C. H.; GARNER, D. Combination of postharvest antifungal chemical treatments and controlled atmosphere storage to control gray mold and improve storability of ‘Wonderful’ pomegranates. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 43, p. 133–142, 2007.
- PARAN, I. VAN DER KNAAP, E. Genetic and molecular regulation of fruit and plant domestication traits in tomato and pepper. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 58, n. 14, p. 3841–3852, 2007.

- PARK, S.; KIM, S.H.; PARK, H.G.; YOON, J.B. Capsicum germoplasm resistant to pepper anthracnose differentially interact with *Colletotrichum* isolates. **Horticulture Environment Biotechnology**, Korea, v.50, p.17-23, 2009.
- PEREIRA, M. J. Z.; MASSOLA JUNIOR, N. S.; SUSSEL, A. A. B.; SALA, F. C.; COSTA, C. P.; BOITEUX, L. S. Reação de acessos de *Capsicum* e de progênies de cruzamentos interespecíficos a isolados de *Colletotrichum acutatum*. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 29, p. 569-576, 2011.
- PEREIRA, R. C. A.; CRISÓSTOMO, J. R. Agronegócio da pimenta no Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. 2011. Fortaleza. **Resumo...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Olericultura, 2011. v. 29, n. 2, p. S6009-S6015.
- PHOULIVONG, S.; CAI, L.; CHEN, H.; MCKENZIE, E. H. C.; ABD-ELSALAM, K.; CHUKEATIROTE, E.; HYDE, K. D. *Colletotrichum gloeosporioides* is not a common pathogen on tropical fruits. **Fungal Diversity**, Kunming, v. 44, p. 33–43, 2010.
- PHOULIVONG, S.; MCKENZIE, E. H. C.; HYDE, K. D. Cross infection of *Colletotrichum* species; a case study with tropical fruits. **Current Research in Environmental & Applied Mycology**, Chiang Rai, v. 2, n. 2, p. 99-111, 2012.
- PINHEIRO, V. L.; CASCELLI, S.; SOUZA, R. M. D.; MACHADO, C. M. M.; RIBEIRO, C. S. C. Processamento artesanal de pimenta *Capsicum* spp. In: ENCONTRO NACIONAL DO AGRONEGÓCIO DE PIMENTAS (*CAPSICUM* SPP.), 2. 2011, Brasília. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011. 7 p.
- PINTO, C. M. F.; PINTO, C. L. O.; DONZELES, S. M. L. Pimenta *Capsicum*: propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio, **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 3, n. 2 p. 108-120, 2013.
- PSCI (NCM:0904.20.00) - Programa de Substituição Competitiva de Importações. **Mercado brasileiro para pimentas e pimentões secos, triturados ou em pó originários do peru:** Brasília, 2008. 18 p. Disponível em: <<http://www.investexportbrasil.gov.br/sites/default/files/publicacoes/PSCI/PSCIPeruPimentaP.pdf>> Acesso em: 21 set. 2017.
- QIN, G.; ZONG, Y.; CHEN, Q.; HUA, D.; TIAN, S. Inhibitory effect of boron against *Botrytis cinerea* on table grapes and its possible mechanisms of action. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 138, p. 145–150, 2010.
- RAI, A. B.; ROY, B. K. Novel source of resistance and differential reactions on chilli fruit infected by *Colletotrichum capsici*, **Australasian Plant Pathology**, Melbourne, v. 42, p. 227-233, 2013.

- RAMDIAL, H.; RAMPERSAD, S. N. Characterization of *Colletotrichum* spp. causing anthracnose of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) in Trinidad. **Phytoparasitica**, Bet Dagan, v. 43, p. 37-49, 2014.
- RANATHUNGE, N. P.; MONGKOLPORN, O.; FORD, R.; TAYLOR, P. W. J. *Colletotrichum truncatum* pathosystem on *Capsicum* spp: infection, colonization and defence mechanisms. **Australasian Plant Pathology**, Melbourne, v. 41, p. 463-473, 2012.
- REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Org.) **Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, 2000. 113 p.
- REIFSCHNEIDER, F. J. B.; RIBEIRO, C. S. C. Cultivo. In: RIBEIRO, C. S.; LOPES, C. A.; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Eds) **Pimentas Capsicum**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. p. 11-14.
- REIFSCHNEIDER, F. J. B.; RIBEIRO, C. S. C.; CARVALHO, S. I. C. Development of new *Capsicum* cultivars at Embrapa (Brazil). In: EUCARPIA MEETING ON GENETICS AND BREEDING OF CAPSICUM AND EGGPLANT, 15. 2013, Torino. Torino: **Eucarpia**, 2013. p. 71-77.
- REIS, A.; BOITEUX, L. S.; HENZ, G. P. Antracnose em hortaliças da família Solanácea. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 9 p. (Comunicado Técnico, 79).
- RIBEIRO, C. S. da C. Cultivares. In: COSTA, C. S. R. da; HENZ, G. P. (Eds) **Cultivo das pimentas**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. (Embrapa Hortaliças. Sistemas de Produção, 5). Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_Capsicum_spp/cultivares.html> Acesso em: 21set. 2017.
- RIBEIRO, C. S. C.; SOUZA, K. R. R.; CARVALHO, S. I. C.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. BRS Juruti: the first Brazilian habanero-type hot pepper cultivar. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 33, n. 4, p. 527-529, 2015.
- RUFINO, J. L. S.; PENTEADO, D. C. S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta, **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, p. 7-15, 2006.
- SAMUELS, J. Biodiversity of food species of the Solanaceae Family: A preliminary taxonomic inventory of Subfamily Solanoideae. **Resources**, Basel, v.4, 277-322, 2015.
- SANTOS, J. A. B.; SILVA, G. F.; PAGANI, A. A. C. Estudo da cinética da secagem da pimenta malagueta (*Capsicum* spp.) cultivada no estado de Sergipe. **Geintec**, São Cristóvão, v. 2, n. 5, p. 465-471, 2012.
- SAXENA, A.; RAGHUWANSHI, R.; GUPTA, V. K.; SINGH, H. B. Chilli anthracnose: the epidemiology and management. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 7, p. 1-18, 2016.

- SHARMA, G.; SHENOY, B. D. *Colletotrichum fructicola* and *C. siamense* are involved in chilli anthracnose in India. **Archives Phytopathology and Plant Protection**, Berlin, v. 47, p. 1179–1194, 2014.
- SHENOY, B. D.; JEEWON, R.; LAM, W. H. Morpho-molecular characterisation and epitypification of *Colletotrichum capsici* (Glomerellaceae, Sordariomycetes), the causative agent of anthracnose in chilli. **Fungal Diversity**, Kunming, v. 27, p. 197–211, 2007.
- SHI, X.; LI, B.; QIN, G.; TIAN, S. Mechanism of antifungal action of borate against *Colletotrichum gloeosporioides* related to mitochondrial degradation in spores. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 67, p. 138-143, 2012.
- SHI, X. Q.; LI, B. Q.; QIN, G. Z.; TIAN, S. P. Antifungal activity and possible mode of action of borate against *Colletotrichum gloeosporioides* on mango. **Plant Disease**, St. Paul, v. 95, p. 63-69, 2011.
- SILVA, D. D.; ADES, P. K.; CROUS, P. W.; TAYLOR, P. W. J. *Colletotrichum* species associated with chilli anthracnose in Australia. **Plant Pathology**, London, v. 66, p. 254-267, 2017.
- SILVA, J. R. A.; CHAVES, T. P.; SILVA, A. R. G.; BARBOSA, L. F.; COSTA, J. F. O.; RAMOS-SOBRINHO, R.; TEIXEIRA, R. R. O.; SILVA, S. J. C.; LIMA, G. S. A.; ASSUNÇÃO, I. P. Molecular and morpho-cultural characterization of *Colletotrichum* spp. associated with anthracnose on *Capsicum* spp. in northeastern Brazil. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 42, p. 315-319, 2017.
- SILVA, E. C.; SOUZA, R. J. **Cultura da pimenta**. Lavras: UFLA, 2007. 18 p. (Boletim Técnico, 68),
- SILVA, S. M. A.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L. S. A.; SUDRÉ, C. P.; BENTOL, C. S.; CARMOLL, M. G. F.; MEDEIROS, A. M. Resistance in *Capsicum* spp. to anthracnose affected by different stages of fruit development during pre- and post-harvest. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 335-341, 2014.
- SILVEIRA, M. P. C.; SANTOS, M. H. S.; PAIXÃO, A. R. C.; SANTOS, O. N. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G. Avaliação da eficiência de duas embalagens por tempo de prateleira da pimenta-de-cheiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PROCESSAMENTO MÍNIMO E PÓS-COLHEITA DE FRUTAS, FLORES E HORTALIÇAS, 1, 2015, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Horticultura, 2015. p. 1-8.
- SOUSA, R. M. S.; SERRA, I. M. R. S.; MELO, T. A. Efeito de óleos essenciais como alternativa no controle de *Colletotrichum gloeosporioides*, em pimenta. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 38, n. 1, p. 42-47, 2012.

- SOYTONG, K.; KANOKMEDHAKUL, S.; RATTANACHERDCHAI, K.; ANDCHAROENPORN, C. Microbial elicitors to induce immunity for plant disease control in chilli and tomato, In: SAYARAJ, K. (Ed.) **Basic and Applied Aspects of Biopesticides**. Tailand: Springer, 2014. p. 99–125.
- SUNDARAMOORTHY, S.; USHARANI, S.; GEORGE, P. A. Antifungal acitivity of plant products for the management of fruit rot infection in chillies. **Plant Pathology Journal**, Faisalabad, v. 13, n. 2, p. 87-89, 2014.
- SUWAN, N.; NA-LAMPANG, S. Characterization and evaluation of carbendazim resistance response of *Colletotrichum* species. **Journal of Agricultural Technology**, Thailand, v. 9, n.7, p. 1883-1894, 2013.
- THAN, P. P.; JEEWON, R.; HYDE, K. D.; PONGSUPASAMIT, S.; MONGKOLPORN, O.; TAYLOR, P. W. J. Blackwell Publishing Ltd Characterization and pathogenicity of *Colletotrichum* species associated with anthracnose on chilli (*Capsicum* spp.) in Thailand. **Plant Pathology**, Lodon, v. 57, p. 562–572, 2008.
- TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J.; FERRARI, J. T. Antracnose em solanáceas: etiologia, características e controle. **Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 1, p. 73-79, 2015.
- TOZZE JÚNIOR, H. J.; MASSOLA JÚNIOR, N. M.; CÂMARA, M. P. S.; GIORIA, R.; SUZUKI, O.; BRUNELLI, K. R.; BRAGA, R. S.; KOBORI, R. F. First report of *Colletotrichum boninense* causing anthracnose on pepper in Brazil. **Plant Disease**, St. Paul, v. 93, n. 1, p. 106, 2009.
- TOZZE JÚNIOR, H. J. **Caracterização e identificação de espécies de *Colletotrichum* associadas à antracnose do pimentão (*Capsicum annuum*) no Brasil**. 2007. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- UDAYANGA, D.; MANAMGODA, D. S.; LIU, X.; CHUKEATIROTE, E.; HYDE, K. D. What are the common anthracnose pathogens of tropical fruits? **Fungal Diversity**, Kunming, v. 61, n. 1, p. 165–179, 2013.
- VILELA, N. J.; RIBEIRO, C. S. C; MADAIL, J. C. M. Eficiência técnico-econômico de quatro sistemas de produção de pimentas *Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008, 7 p. (Comunicado Técnico, 56).
- WEIR, B. S.; JOHNSTON, P. R.; DAMM, U. The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. **Studies in Mycology**, Utrecht, v. 73, p. 115–180, 2012.

WU, Z.; YIN, X.; BAÑUELOS, G. S.; LIN, Z. Q.; LIU, Y.; YUAN, L.; LI, M. Effect of selenium on control of postharvest gray mold of tomato fruit and the possible mechanisms involved. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 6, p. 1-6, 2016.

YAN, J. Y.; JAYAWARDEN, M. M. R. S.; GOONASEKARA, I. D.; WANG, Y.; YOUSSEF, K.; SANZANIB S. M.; LIGORIO, A.; IPPOLITO, A.; TERRY, L. A. Sodium carbonate and bicarbonate treatments induce resistance to postharvest green mould on citrus fruit, **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 87, p. 61-69, 2014.

CAPÍTULO II

Efeito dos sais GRAS e fosfitos sobre incidência de fungos e qualidade pós-colheita de pimentas em diferentes condições de armazenamento

Artigo a ser submetido: Australasian Plant Pathology

1 **Efeito dos sais GRAS e fosfitos sobre incidência de fungos e qualidade pós-colheita**
2 **de pimentas em diferentes condições de armazenamento**

3 Elizabeth Rodrigues Alexandre^{1*}, Adriana Pereira de Melo¹; Sonia Maria Alves de
4 Oliveira¹

5 ¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Laboratório de Patologia Pós-Colheita,
6 Fitopatologia, CEP 52.171-900, Recife-PE. E-mail: *beth.agrofito@hotmail.com

7
8 **Resumo**

9 Os sais (GRAS) bicarbonato de sódio (NaHCO₃), cloreto de cálcio (CaCl₂), cloreto de
10 sódio (NaCl), cloreto de potássio (KCl), e os fosfitos, Phi Ca, Phi K, Phi Zn, Phi Cu, Phi
11 Mg e Phi CaB são produtos que vêm sendo cada vez mais utilizado no manejo de
12 podridões pós-colheita de diversas frutas e hortaliças, por esse motivo foram avaliados
13 quanto ao efeito sob a incidência de infecções quiescentes nas pimentas das cultivares
14 ‘Biquinho’, ‘De Cheiro’, ‘Dedo-de-moça’ e ‘Malagueta’ e a influência destes produtos
15 sob a qualidade pós-colheita avaliada pelas análises físico-química da acidez total (AT),
16 sólidos solúveis totais (ST), potencial hidrogeniônico (pH) e Vitamina C (ácido
17 ascórbico) após 17 dias do tratamento e armazenamento sob as temperaturas de 12, 15 e
18 17 °C. Os fosfitos Phi Ca, Phi CaB, Phi K e Phi Cu na concentração de 0,5 e 1,0 g L⁻¹
19 em tratamento via imersão dos frutos foram avaliados quanto ao efeito bioquímico da
20 atividade das enzimas catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e polifenoloxidase
21 (PPO), comparando a testemunha absoluta, testemunha sem tratamento com Phi- e ao
22 fungicida oxiclreto de cobre. Nas três condições de armazenamento avaliadas, os sais
23 de fosfitos Phi Ca, Phi CaB e Phi K foram os eficientes na redução da podridões
24 fúngicas por *Colletotrichum*, *Fusarium* e *Lasiodiplodia* os quais foram os gêneros
25 predominantes sob os frutos tratados. Os sais GRAS, não foram eficientes na redução da
26 incidência de infecções nos frutos durante o armazenamento assim com os Phi Cu, Zn e
27 Mg. Os produtos de forma geral não comprometeram atributos físico-químicos. Em
28 pimentas ‘Biquinho’ e ‘De Cheiro’ o Phi CaB a 1,0 g.L⁻¹ contribuiu para aumento da
29 atividade da CAT diferindo da testemunha absoluta, Phi- e fungicida. Os Phi CaB 0,5 g
30 L⁻¹ aumentou atividade da CAT diferindo das testemunhas, e os Phi Cu 0,5 g L⁻¹ e Phi
31 CaB 1,0 g L⁻¹ contribuíram para aumento da CAT diferindo da testemunha e do
32 tratamento fungicida. Os fosfitos a base de cálcio Phi Ca e CaB diferiram da testemunha
33 absoluta, e aumentaram a atividade da CAT em pimentas ‘Malagueta’. Houve aumento
34 da atividade da APX em pimenta ‘Dedo-de-moça’ com os Phi Ca 1,5 g L⁻¹ e Phi K 0,5 g

35 L⁻¹, comparada às testemunhas e ao fungicida. Em pimentas tratadas com Phi Cu e Phi
36 CaB 1,0 g L⁻¹ houve aumento da APX e diferiram da testemunha absoluta e do
37 tratamento com fungicida. Nas pimentas Malagueta', 'Biquinho' e 'De Cheiro' não
38 foram observadas diferenças estatística na atividade da APX para os fosfitos
39 empregados. Não foi verificada diferença significativa para atividade da PPO nas
40 pimentas tratadas com os Phi. A utilização dos sais de fosfitos pode constituir potencial
41 produto alternativo contra o desenvolvimento de podridões em pimentas.

42 **Palavras chaves:** *Capsicum*; fungos; infecções quiescentes; produtos alternativos

43

44 **Abstract**

45 The salts (GRAS) sodium bicarbonate (NaHCO₃), calcium chloride (CaCl₂), sodium
46 chloride (NaCl), potassium chloride (KCl), and phosphites, Phi Ca, Phi K, Phi Zn, Phi
47 Cu, Phi Mg and Phi CaB are products that are increasingly being used without post-
48 harvest manure management of various fruits and vegetables. Therefore, these products
49 were evaluated with regard of the effect of quiescent infections on pepper cultivars
50 'Biquinho', 'De Cheiro', 'Dedo-de-moça' and 'Malagueta', and also on the the influence
51 of these products on chilies post-harvest quality. The following variables were
52 evaluated: physico-chemical attributes such as titrable acidity (AT), total soluble solids
53 (SST), hydrogenionic potential (pH), and Vitamin C (ascorbic acid) after 17 days of
54 treatment under the temperatures of 12, 15 and 17 °C. The phosphites Phi Ca, Phi CaB,
55 Phi K and Phi Cu were evaluated by immersing the fruits in the concentrations of 0.5
56 and 1.0 g L⁻¹ and tested for biochemical effects on the activity of the catalase (CAT),
57 ascorbate peroxidase (APX) and polyphenoloxidase (PPO) enzymes, and compared to
58 absolute control, control with no addition of Phi- and the copper oxychloride fungicide.
59 In the three storage conditions evaluated, phosphite salts Phi Ca, Phi CaB and Phi K
60 were efficient in reducing fungal decay by *Colletotrichum*, *Fusarium* and *Lasiodiplodia*,
61 which were the predominant genera under the treated fruits. GRAS salts were not
62 effective in reducing the incidence of fruit infections during storage with Phi Cu, Zn and
63 Mg. The products generally did not compromise physical-chemical attributes. In
64 'Biquinho' and 'De Cheiro' peppers the Phi CaB at 1.0 g.L⁻¹ contributed to an increase
65 in CAT activity differing from the absolute control, Phi- and fungicide. Phi CaB 0.5 g
66 L⁻¹ increased CAT activity differing from controls, and Phi Cu 0.5 g L⁻¹ and Phi CaB
67 1.0 g L⁻¹ contributed to an increase of CAT activity, differing from control and
68 fungicide treatments. The calcium phosphites Phi Ca and CaB differed from the

69 absolute control, and increased CAT activity in 'Malagueta' peppers. There was an
70 increase in APX activity in 'Dedo-de-moça' pepper with Phi Ca at 1.5 g L⁻¹ and Phi K at
71 0.5 g L⁻¹, compared to controls and fungicide. In peppers treated with Phi Cu and Phi
72 CaB at 1.0 g L⁻¹ there was an increase of APX and differed from absolute control and
73 fungicide treatments. In the 'Malagueta', 'Biquinho' and 'De Cheiro' peppers, no
74 statistical differences were observed in APX activity for the phosphites used. No
75 significant difference was observed for PPO activity in peppers treated with Phi. The
76 use of phosphite salts may constitute a potential alternative product against the
77 development of pepper rot

78 **Key words:** Capsicum; fungus, quiescent infections, alternative products

79

80 **Introdução**

81

82 Atualmente observa-se que há demanda crescente na avaliação de produtos
83 alternativos no manejo das podridões pós-colheita das diferentes frutas e hortaliças,
84 como reflexo do que vem sendo requerido por um mercado cada vez mais restrito no
85 que concerne a substituição de fungicidas pela busca de produtos sem resíduos (Palou et
86 al. 2016; Wisniewski et al. 2016).

87 O foco da busca e emprego destes produtos no manejo, principalmente de fungos
88 causadores de podridões, se dá pela tecnologia que seja capaz de aliar a proteção pós-
89 colheita com retardo da senescência do fruto, já que no manejo de podridões em pós-
90 colheita há possibilidade de reunir diferentes tecnologias, com o propósito de se
91 alcançar melhor controle efetivo (Wisniewski et al. 2016).

92 Os fosfitos e outros sais vêm sendo empregados na redução de podridões e da
93 antracnose em frutos, mostrando-se como potencial produto para inclusão no manejo
94 integrado de doenças pela redução dos custos (Lopes et al. 2017) pois, são compostos
95 químicos de baixa toxicidade e por isso diversos deles, como bicarbonato de sódio
96 (NaHCO₃), cloreto de cálcio (CaCl₂), carbonato de sódio, cloreto de potássio(KCl),
97 fosfitos de potássio (PhiK), de cálcio (PhiCa), entre outros são considerados seguros ao
98 manuseio e utilização sobre fruto in natura, denominados comumente de GRAS
99 (Generally Recognized As Safe) (Ferreira et al. 2015; Lopes et al. 2017;Palou et al.
100 2016).

101 A pimenta (*Capsicum* L.) que é um fruto carnoso e não climatérico tem uma
102 reduzida vida útil pós-colheita e se faz necessário a adoção da refrigeração como

103 importante estratégia de conservação desta solanácea (Chitravathi et al. 2015). As
104 perdas da pimenta na fase pós-colheita pela antracnose é o maior problema para cultura
105 (Ali et al. 2016), o que reforça a adoção de estratégias alternativas para manejo desta
106 doença. Os efeitos dos sais sobre os frutos são diversos, e quando avaliados sobre a
107 antracnose podem reduzir diretamente o diâmetro das lesões em mamão (*Carica papaya*
108 L.) (Demartelaere et al.2017) ou a incidência do fungo advinda de infecção natural do
109 *Colletotrichum* em goiabas (*Psidium guajava* L.) ainda no campo (Fisher et al. 2016),
110 ou relacionado ao incremento de atividade enzimática que possivelmente promova
111 proteção contra o desenvolvimento da lesão pelo fungo, conforme Alexandre et al.
112 (2014) mostraram em *Colletotrichum tamarilloi* (Damm, P.F. Cannon & Crous) x
113 *Solanum gilo* Raadi.

114 Além da redução da antracnose, os sais mostraram-se eficientes na redução de
115 podridões fúngicas em frutos que causam maiores problemas durante armazenamento,
116 quando comprometem todo o fruto que estaria apto à comercialização, como exemplos
117 cita-se o Phi K na redução de *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc., *P. italicum* Wehmer e
118 *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. em frutos cítricos (Cerione et al.
119 2013), na redução da incidência da podridão por *Monilinia fructicola* (G. Winter)
120 Honey em pêsego durante armazenamento refrigerado (Moreira & May-de-Mio, 2009).
121 O modo de ação destes sais sobre frutos ainda vem sendo pesquisado, mas, sabe-se que
122 há múltiplas formas da efetividade em pós-colheita, os sais como bicarbonato de sódio
123 pro exemplo, tem a capacidade de tornar o ambiente alcalino que é desfavorável para
124 maioria dos fungos que poderá desprender maior energia para seu desenvolvimento
125 afetando principalmente o crescimento (Talibi et al. 2014), o qual será visualizado sob
126 menor desenvolvimento no fruto. O fosfito é um sal alcalino e talvez seja por isso cada
127 vez mais relatado na redução da incidência de fungos e oomicetos, inclusive em
128 solanáceas (Alexandersson et al. 2016). Desta forma temos um estímulo à busca pelo
129 emprego destes produtos sob um importante patossistema pós-colheita, como é o caso
130 da antracnose em pimentas, que é uma cultura relevante para região do Nordeste
131 brasileiro.

132 Até o presente são escassos os trabalhos que avaliaram os efeitos de sais e/ou
133 produtos sanitizantes sobre redução de podridões em pimentas (Ajith & Lakshmidivi,
134 2011; Mani-López et al. 2016) e ao nosso conhecimento não existe no Brasil a avaliação
135 destes produtos visando manejo pós-colheita de podridões em pimenta.

136 Diante deste fato objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial de nove sais
137 (GRAS e fosfitos), sobre o efeito na redução de podridões durante armazenamento em
138 condições refrigerada e ambiente das pimentas considerando os atributos físico-
139 químicos e enzimáticos das frutas sob os diferentes tratamentos.

140

141 **Material e Métodos**

142

143 Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Patologia Pós-Colheita
144 da UFRPE, Recife. Os frutos utilizados neste trabalho foram adquiridos de áreas
145 produtoras de pimenta dos municípios de Camocim de São Félix e Chã Grande,
146 Pernambuco, Brasil. Foram utilizadas as pimentas *C. baccatum* var. *pendulum* (Dedo-
147 de-moça), *C. frutencens* (Malagueta), *C. chinense* (Biquinho amarela, Biquinho
148 vermelha' e De Cheiro) todas em estágio de maturação 'De vez' (comercial) e com
149 pedicelo. Foram utilizadas 40 pimentas por cada tratamento/experimento, sendo 10 por
150 repetição. As pimentas foram previamente lavadas e desinfestadas em hipoclorito de
151 sódio na concentração de 1% e secas à temperatura ambiente e imediatamente tratadas
152 com os sais inorgânicos.

153

154 **Sais e Fosfitos – produtos utilizados**

155

156 Os sais utilizados foram: bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e cloreto de sódio
157 (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl_2) e cloreto de potássio (KCl) e os fosfitos (Phi), cálcio
158 (PhiCa – 18% Ca e 64% P_2O_5); potássio(Phi K – 38% K e 58% P_2O_5); zinco (Phi Zn
159 25% e 59% P_2O_5), magnésio (Phi Mg 11.5% e 74% P_2O_5), cálcio+boro (PhiCaB –
160 14,4% Ca, 3% B 52,0% P_2O_5) e cobre (Phi Cu 13% e 31,5 P_2O_5) a concentração de 1,0
161 g.L^{-1} em solução aquosa a pH 3,9-4,2. As pimentas foram imersas nas soluções dos sais
162 durante 20 minutos e em seguida foram dispostas em bandejas de poliestireno,
163 revestida com filme de policloreto de vinila (PVC) a 15 μm e incubadas em câmaras
164 B.O.D nas temperaturas de $12 \pm 1^\circ\text{C}$; $15 \pm 1^\circ\text{C}$ e $25 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 17 dias onde foram
165 avaliadas quanto a incidência de podridões (%) e as características físico-químicas.

166

167

168

169

170 **Avaliação da Incidência de podridões quiescentes**

171

172 A incidência de podridões em cada tratamento foi avaliada através da contagem
173 do número de frutos com sintomas e crescimento micelial sendo esse resultado expresso
174 em % obtido pela relação $NFP = [(NFI * 100) / 40]$, onde NFP= número total de frutos
175 com podridão, NFI= número de frutos com incidência de algum sintoma/sinal; 40=
176 número total de frutos/tratamento.

177 A identificação dos fungos incidentes foi realizada retirando-se fragmentos do
178 crescimento sob a pimenta e montagem de preparação microscópica em lâminas seguida
179 da visualização em microscópio ótico N 101-B (Coleman, Equipamentos para
180 Laboratório Com. e Imp. Ltda, Santo André, São Paulo). Os fungos foram identificados
181 em nível de gênero comparando as estruturas visualizadas à literatura especializada.

182

183 **Determinação das características físico-químicas**

184

185 Foram utilizadas 40 pimentas/tratamentos dividida em quatro amostras, as quais
186 foram homogeneizadas por trituração em multiprocessador doméstico a fim de se obter
187 a polpa de amostra composta e realizar as determinações analíticas.

188 A acidez total (AT) foi determinada em 10 mL de polpa homogeneizada
189 composta, diluída em 50 mL água destilada e adicionada a mesma 20 µL do indicador
190 fenoftaleína (1% p.v.). Em seguida foi realizada a titulação com 0.1N de NaOH
191 (hidróxido de sódio P.A). O valor de AT foi expresso pela relação $\% \text{ ácido} = [vg \times$
192 $\text{normalidade de NaOH} \times 0.0064 / 10] \times 100$ onde vg= volume de NaOH utilizado na
193 titulação; 0.0064=constante que indica a gasto de NaOH 0.1N gasto em ácido cítrico,
194 10= peso da polpa da amostra (g) conforme Cruz et al. (2015), e expresso em % de
195 ácido cítrico/100 g⁻¹ de polpa.

196 O teor de sólidos totais (ST) foi determinado pela deposição de 20 µL da polpa
197 de amostra composta depositada sobre o visor do refratômetro portátil Pocket PAL-1 0-
198 53% BRIX (Atago, USA, Inc.). O Potencial hidrogeniônico (pH) foi obtido pela leitura
199 direta em potenciômetro Quimis modelo Q-400A (Quimis Aparelhos Cientificos Ltda.,
200 Diadema, São Paulo) e teor de Vitamina C (ácido ascórbico) foi determinada pela
201 metodologia de Carvalho et al. (1990) e expresso em mg. 100 g⁻¹ polpa.

202

203 **Determinação de atividades enzimáticas de pimentas tratadas com fosfitos**

204

205 Para avaliação do modo de ação dos fosfitos sobre a qualidade pós-colheita de
206 pimentas, um experimento foi realizado para determinação de três atividades
207 enzimáticas. As pimentas ‘Dedo-de-moça’, ‘Malagueta’, ‘Biquinho vermelha’ e ‘De
208 Cheiro’ todas em estágio de maturação ‘De vez’ (comercial) foram tratadas com os
209 fosfitos (Phi) Phi Ca, Phi K, Phi Cu e Phi CaB na concentração de 0,5 g.L⁻¹ e 1,0 g.L⁻¹
210 em solução aquosa a pH 3,9-4,2, através da imersão dos frutos durante 20 minutos.
211 Pimentas imersas em água destilada esterilizada consistiram da testemunha Phi- e
212 pimentas processadas de imediato sem tratamento nem armazenamento consistiram na
213 testemunha absoluta. O fungicida oxiclureto de cobre foi utilizado como comparativo já
214 que é um dos produtos recomendados para o controle da antracnose em nível de campo
215 (Agrofit, 2003).

216 Foram utilizadas 30 pimentas dispostas em três repetições de 10 pimentas. Após
217 tratamento as pimentas foram dispostas em bandejas de poliestireno, revestidas com
218 filme de policloreto de vinila (PVC) a 15 µm e armazenadas a temperatura de 15 ± 1°C
219 em B.O.D durante 17 dias. Retirou-se 0,2 g de polpa para cada tratamento a partir de
220 amostra composta de 10 pimentas/repetição/Phi. O tecido foi macerado em nitrogênio
221 líquido e homogeneizado a frio em tampão fosfato e polivinilpirrolidona, centrifugados
222 a 10 000 g a 4°C. Apenas o sobrenadante foi utilizado para o preparo do extrato.

223 Utilizou-se a metodologia de Koshiha (1993) para determinação da ascorbato
224 peroxidase (APX EC 1.11.1.11), a metodologia de Berris & Sizer (1952) para
225 determinação da catalase (CAT, EC 1.11.1.6) e a determinação da polifenoloxidase
226 (PPO, EC 1.10.3.1) de acordo com Kar & Mishra (1976) em 50 µL do extrato ambas
227 enzimas relacionada a espécies reativas de oxigênio (ROS). Para fins do cálculo de
228 determinação da atividade enzimática, o teor total de proteínas foi utilizado como
229 padrão (Bradford, 1976).

230

231 **Análise estatística**

232

233 Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado e
234 os dados foram submetidos à ANOVA e transformado quando necessário para atender a
235 normalidade dos dados. As médias das variáveis dos atributos de qualidade físico-
236 química e bioquímica foram comparadas ao controle pelo teste de Tukey HSD a 5% de
237 probabilidade. Os dados de determinação da atividade enzimática PPO foi comparado

238 pelo teste de Kruskal-wallis a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram
239 realizadas no Statistix 9.0 (Tallahassee, FL, USA).

240

241

242

243 **Resultados**

244 Os fungos incidentes sobre as pimentas durante o armazenamento foram
245 *Colletotrichum* Corda, *Fusarium* Link. e *Lasiodiplodia* Ellis & Everh. A partir do
246 quinto dia de armazenamento já era possível observar o crescimento fúngico sobre as
247 pimentas, com maior incidência para *Fusarium* na região do pedúnculo de todas as
248 variedades de pimentas avaliadas. O crescimento micelial de *Lasiodiplodia* com
249 coloração cinza no décimo dia de armazenamento com produção de picnidiosporo e
250 picnídios imaturos, e a massa de conídios de *Colletotrichum* em acérvulo também foi
251 observado ao sexto dia após armazenamento.

252 Observou-se que os tratamentos com os diferentes sais exerceram diferentes
253 efeitos sobre as pimentas. As temperaturas empregadas também exerceram influência
254 sobre a qualidade dos frutos, favorecendo a perda de água (25°C), ou contribuindo para
255 frutos com aspecto firme (12 e 15 °C). A incidência de podridões fúngicas por
256 *Colletotrichum*, *Fusarium* e *Lasiodiplodia* em frutos mantidos a 25 °C foi alta em todas
257 as cultivares de pimentas tratadas (Figura 1). As pimentas cvs. ‘Biquinho Amarela’
258 (Figura 1D) e ‘Biquinho Vermelho’ (Figura 1E) foram as que sofreram maior influência
259 sob armazenamento a temperatura de 25°C e pela alta incidência de podridão por
260 *Fusarium* não foi possível avaliar os atributos de qualidade das pimentas nesta condição
261 de armazenamento.

262 O fungo *Lasiodiplodia* foi incidente em frutos armazenados a 12 e 15 °C nas
263 cvs. ‘Dedo-de-moça’ (Figura 1A), ‘Malagueta’ (Figura 1C) e ‘Biquinho Vermelha’
264 (Figura 1E). Em pimentas ‘De Cheiro’ armazenadas a temperatura ambiente (25 °C) se
265 observou a incidência de *Lasiodiplodia*. Apenas a cv. ‘Biquinho Amarela’ (Figura 1D)
266 não se observou a incidência da podridão por *Lasiodiplodia*.

267 Já o *Colletotrichum* foi incidente em todas as cultivares das pimentas estudadas
268 nas condições de armazenamento empregadas, em maior ou menor incidência dentre os
269 tratamentos com os diferentes sais empregados. Os Phi Ca, Phi CaB, e Phi K, foram
270 responsáveis pela menor incidência de antracnose oriunda de infecções quiescentes, a
271 12°C, 15 e 25 °C.

272 Em pimentas ‘Dedo-de-moça’ tratadas com os Phi Ca, Phi K e Phi CaB
273 observou-se menor incidência de podridões durante o armazenamento nas condições
274 empregadas. A incidência da antracnose nestes tratamentos foi baixa de 2,-12,5% a 12
275 °C, 2,5-15% a 15 °C e 7,5-15% em pimentas armazenadas a 25 °C, quando comparadas
276 a incidência das pimentas controle 25-27% nas mesmas condições de armazenamentos.
277 Já os demais tratamentos como Phi Cu e Phi Zn a alta incidência de podridões de 22,5-
278 30% e 12-25% valores semelhantes à testemunha. Os Sais KCl, NaCl, NaHCO₃ e CaCl₂
279 foram observada alta incidência de podridões por antracnose, *Fusarium* e *Lasiodiplodia*,
280 com valores próximo ao observado nas pimentas tratadas com fungicida.

281 Os fosfitos Phi Ca, Phi CaB e Phi Zn, e os sais KCl e NaHCO₃ foram
282 responsáveis pela menor incidência de podridões e principalmente na redução da
283 antracnose de infecção quiescentes em pimentas ‘De Cheiro’ (Figura 1B) nas condições
284 de armazenamento. Em pimentas tratadas com Phi Cu e Phi Zn a incidência de podridão
285 por *Fusarium* foi de 17,5 e 20% respectivamente, com valores próximos ao observado
286 em pimentas tratadas com fungicida (25%). Os sais de CaCl₂ e NaCl podem ter
287 estimulado a incidência de podridões por *Fusarium* e *Lasiodiplodia* conforme
288 observado em pimentas ‘De Cheiro’ durante armazenamento.

289 Em pimenta ‘Malagueta’ tratadas com sais GRAS, NaCl, CaCl₂, observou-se a
290 incidência das podridões por *Fusarium* e antracnose em todas as condições de
291 armazenamento. A incidência de *Lasiodiplodia* foi observada em pimentas tratadas com
292 NaHCO₃ (Figura 1C). Em pimentas armazenadas a temperatura ambiente e tratadas com
293 os Phi Ca e Phi K não houve incidência de podridões (Figura 1C).

294 Nos tratamentos com Phi Zn e CaCl₂ foram visualizadas a incidência de
295 antracnose de 7,5%, próximo ao observado nas pimentas tratadas com fungicida e
296 testemunha com 10% (Figura 1D). As pimentas ‘Biquinho Amarela’ tratadas com os
297 diferentes sais apresentaram altos índices de podridão por *Fusarium* em mais de 70%.
298 Com os tratamentos Phi CaB, Phi Ca e Phi K não se observou a incidência de
299 antracnose em pimenta ‘Biquinho Amarela’ em nenhuma das condições de
300 armazenamento empregadas, além de apresentarem redução (10-20%) da incidência de
301 *Fusarium* quando comparado a outros sais (Figura 1D).

302 Pimentas cv. ‘Biquinho Vermelha’ apresentaram maior desenvolvimento de
303 podridões oriunda de infecção quiescentes (*Fusarium*, *Lasiodiplodia* e antracnose por
304 *Colletotrichum*) após tratamento com os Phi Cu, Phi Mg, Phi Zn e os sais CaCl₂ e KCl
305 em condições de armazenamento refrigerado 15°C e temperatura ambiente a 25°C.

306 A incidência de antracnose em ‘Biquinho Vermelha’ foi de 25% em frutos
307 tratados com NaCl, de 10-15% naquelas tratadas com PhiCu e de 10-25% em pimentas
308 tratadas com Phi Zn sob condições de 12 e 15 °C. Em pimentas tratadas com fungicida à
309 incidência da antracnose foi de 30% e 17,5% nas condições de armazenamento,
310 semelhante à testemunha onde a incidência foi de 12,5, 20 e 40% respectivamente nas
311 condições de 12-15 e 25°C as quais foram expostas (Figura 1E). A menor incidência de
312 podridões só foram observadas nas pimentas tratadas com Phi Ca, Phi CaB e Phi K
313 entre 2,5 e 7%. Apenas nos tratamentos com Phi Ca, Phi K e KCl não se observou a
314 incidência de antracnose (Figura 1DE).

315 Os atributos de qualidade, avaliados pelo pH, AT e ST não foram, de modo
316 geral, afetados pelos diferentes tratamentos quando comparados à testemunha e ao
317 tratamento com o fungicida. Houve em alguns tratamentos redução quantitativa do teor
318 de ácido ascórbico (vitamina C), no entanto sem diferir da testemunha.

319 A cv. ‘Biquinho amarela’ (Tabela 1) tratadas com os diferentes sais e fosfitos
320 não sofreu redução sobre os atributos de qualidade, mas, manteve equilíbrio nos
321 atributos nas condições de armazenamento, exceto para o Phi CaB o qual contribuiu em
322 35% no decréscimo do teor de ácido ascórbico.

323 Já a pimenta ‘Biquinho vermelha’ manteve os atributos, pH, AT e ST nas
324 temperaturas de 12 e 15 °C (Tabela 2), mas, não foram capazes de manter a qualidade
325 das pimentas armazenadas a 25 °C as quais mostram-se murchas, sem característica
326 comercial pela rápida perda de água nesta condição de armazenamento.

327 Os atributos de qualidade da pimenta ‘Dedo-de-moça’ de forma geral não foram
328 alterados pelos diferentes tratamentos nas três condições de armazenamento (Tabela 3),
329 quando comparada a testemunha e ao tratamento com fungicida.

330 O teor de ST e ácido ascórbico da pimenta ‘Malagueta’ não foram alterados
331 pelos tratamentos em nenhuma das condições de armazenamento em que foram
332 submetidas (Tabela 4). Apesar dos teores de AT e pH diferirem dentre os tratamentos
333 utilizados, a variação foi baixa entre os mesmo.

334 Na cv. ‘De Cheiro’ tratadas com os sais NaHCO₃, KCl, CaCl₂, e NaCl não
335 diferiram entre si, nem da testemunha, nem do tratamento com fungicida, houve
336 redução de 25% do teor de vitamina C à temperatura de 25°C, quando comparado ao
337 tratamento Phi K o qual apresentou maior valor médio do teor de ácido ascórbico.
338 (Tabela 5). O pH da polpa da pimenta ‘De Cheiro’ tratadas com estes mesmos sais
339 estava entre 4,99-5,0 (Tabela 5).

340 Nas condições experimentais empregadas, os fosfitos Phi Mg, Phi Zn, e, o sal
341 GRAS NaHCO_3 causaram escurecimento do tecido das pimentas ‘Dedo-de-moça’,
342 ‘Malagueta’ e ‘Biquinho’(Dados não mostrados).

343 Os Phi CaB a $1,0 \text{ g.L}^{-1}$ mostrou incremento significativo ($p \leq 0.05$) na atividade
344 CAT da pimenta ‘Biquinho’ (Tabela 6), diferindo dos tratamentos com fungicida, teste
345 absoluta e Phi-. Para a pimenta ‘De Cheiro’ os Phi K nas concentrações ($0,5$ e $1,0 \text{ g.L}^{-1}$)
346 igualmente aumentaram a atividade da CAT (Tabela 6) e diferiram estatisticamente da
347 testemunha absoluta e Phi-, assim como Phi CaB $1,0 \text{ g L}^{-1}$, que de igual forma ao Phi K,
348 contribui para aumento da atividade desta enzima não diferiu dos tratamentos
349 testemunha absoluta e fungicida. Em pimentas ‘Dedo-de-moça’ o Phi CaB $0,5 \text{ g L}^{-1}$
350 aumentou a atividade enzimática da CAT diferindo da testemunha absoluta e Phi-, que
351 não diferiram entre si. O Phi Cu $0,5 \text{ g L}^{-1}$ e Phi CaB $1,0 \text{ g L}^{-1}$ apresentaram
352 comportamento semelhante, foram os tratamentos que contribuíram para o aumento da
353 atividade da CAT (Tabela 6) diferindo da testemunha Phi- e do tratamento fungicida.

354 Os fosfitos a base de cálcio Phi Ca $1,0 \text{ g L}^{-1}$ e Phi CaB $0,5 \text{ g L}^{-1}$ e Phi Ca $0,5 \text{ g}$
355 L^{-1} e Phi Ca B $1,0 \text{ g L}^{-1}$ ambos diferiram da da testemunha absoluta, e aumentaram a
356 atividade da CAT em pimentas ‘Malagueta’ (Tabela 6).

357 A atividade da ascorbato peroxidase (APX) nas cultivares de pimentas
358 ‘Malagueta’, ‘Biquinho’ e ‘De Cheiro’ os fosfitos nas concentrações empregadas não
359 diferiu entre os tratamentos. Na pimenta ‘Dedo-de-moça’ a atividade da APX não
360 diferiu entre os Phi Ca $1,5 \text{ g L}^{-1}$ e Phi K $0,5 \text{ g L}^{-1}$, com aumento da atividade quando
361 comparada à testemunha (Phi-), testemunha absoluta e fungicida. Em pimentas tratadas
362 com Phi Cu e Phi CaB $1,0 \text{ g L}^{-1}$ não diferiram entre si, mas, diferem da testemunha
363 absoluta e o fungicida (Tabela 7).

364 Não foram verificadas diferenças estatísticas significativa na atividade da
365 polifenoloxidase (PPO) (Tabela 8) nas pimentas das cultivares ‘Malagueta’, ‘Biquinho’,
366 ‘De Cheiro’ e ‘Dedo-de-moça’ para os diferentes tratamentos com os fosfitos nas
367 concentrações de ($0,5$ e $1,0 \text{ g L}^{-1}$).

368

369 **Discussão**

370

371 A incidência dos gêneros fúngicos observados neste trabalho, mostram como a
372 vida útil da pimenta pode ser comprometida, depreciando-a para comercialização, e que
373 os sais GRAS, não foram totalmente eficientes para inibirem ou mesmo reduzirem a

374 incidência dos mesmos, o que nos estimula a realizar novos trabalhos com os GRAS
375 testando outras concentrações ou aliando a outras estratégias dentro do manejo pós-
376 colheita. Cabe ressaltar o melhor resultado com os sais de fosfito, na redução das
377 infecções quiescentes o qual já vem sendo empregado em outros produtos vegetais
378 como nos frutos cítricos (Cerioni et al. 2013).

379 O efeito dos sais inorgânicos sobre a redução de podridões em pós-colheita já
380 vem sendo mostrado pelo efeito direto nos quais esses sais exerceram inibindo a
381 germinação dos conídios e o crescimento de fungos fitopatogênicos (Ferreira et al.
382 2015). No entanto, outros mecanismos podem estar associados à interação dos fosfitos
383 sobre o produto vegetal que leve a reduzir a incidência de podridões nos produtos
384 armazenados, pois conforme Burra et al (2014), os fosfitos podem levar a respostas em
385 nível transcriptômico e proteômico que podem estar associados a indução de resistência
386 local, o qual contribuirá para proteção contra o desenvolvimento de doença.

387 A redução da incidência da antracnose por *Colletotrichum* nas pimentas pelos
388 sais foi verificada após 17 dias de armazenamento, considerando a curta vida útil da
389 pimenta. Os fosfitos se mostraram capazes de contribuir para manutenção da
390 qualidade pós-colheita, pois em relação a atributos de qualidade, teores de ST, pH e
391 vitamina C de *Capsicum* cultivadas no Brasil variam bastante, com valores mais baixos
392 em *C. chinense* e mais alto em *C. frutescens*, assim como teor de ST que vai de uma
393 faixa de 6-14%, no entanto os altos valores tornam-se uma das principais características
394 para consumo in natura e ou de forma processada para indústria respectivamente para
395 esses atributos de qualidade (Rêgo et al. 2011), desta forma pode-se dizer que os
396 tratamentos com os sais não comprometem a qualidade pós-colheita das pimentas que
397 ainda mantiveram características comerciais.

398 De acordo com Alexandersson et al. (2016) um aspecto relevante é o potencial
399 que estes produtos na rota da indução de resistência possam vir exercer sobre a
400 composição nutricional já que em pós-colheita trata-se do produto final se destinará ao
401 consumo.

402 Os sais inorgânicos, NaCl, CaCl₂, NaHCO₃e KCl vem sendo relatados (Chervin
403 et al. 2009; Lai et al. 2015) quanto ao potencial no retardo de crescimento fúngico sob
404 o produto vegetal colhido, mas no presente estudo não verificou-se a ação direta destes
405 produtos na inibição da antracnose por infecções quiescentes, nem sobre o
406 desenvolvimento de outros fungos causadores de podridões.

407 A eficiência destes sais pode variar, conforme o patógeno envolvido, o fruto, e
408 muitas vezes são mais efetivos quando combinada à outra estratégia pós-colheita, como
409 tratamento térmico, pH da solução, ambiente de armazenamento (Talibi et al. 2016) no
410 entanto mesmo sob refrigeração o efeito destes sais GRAS não foram eficientes para
411 redução da incidência de infecções quiescentes em pimentas.

412 O emprego dos sais deve ser realizado de forma que não cause fitotoxidez sobre
413 a carposfera não comprometendo a aparência (Alvindhia & Natsuaki, 2007), nem aos
414 atributos químicos do fruto (Lopes et al. 2017).

415 Apesar das atividades de enzimas como a peroxidase e polifenoloxidase (PPO),
416 que são associadas ao estresse oxidativo, reativas de oxigênio (Lobato et al. 2011), essas
417 enzimas tiveram suas atividades aumentadas em tubérculos de batata (*Solanum*
418 *tuberosum* L.) inoculadas previamente com *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary e
419 tratadas com Phi K (Lobato et al. 2011).

420 Demartelaere et al (2017) também observaram o aumento na atividade dessas
421 enzimas em mamões (*Carica papaya* L.) inoculados com *Colletotrichum*
422 *gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. pode indicar que esses produtos ativam genes de
423 defesa nas frutas, resultando na redução das lesões do fungo sobre o fruto. A maioria
424 dos trabalhos avalia a eficiência do Phi K, que também foi responsável pelo aumento da
425 CAT em jilós (*Solanum gilo* Raadi.) na redução do desenvolvimento do *Colletotrichum*.
426 E os Phi K, Phi Mg ,Phi Zn e Phi Cu no aumento da atividade da APX que não
427 diferiram entre si (Alexandre et al. 2014).

428 Não é possível afirmar que este é o principal modo de ação dos Phi avaliados no
429 presente estudo, pois a atividade da APX em três das pimentas não foi alterada pelos
430 tratamentos, assim como em todas as pimentas estudadas não foram verificada diferença
431 na atividade da PPO. De acordo com Melo et al. (2016) não foi possível verificar
432 diferença na atividade da PPO em abacaxis (*Ananas comosus*) tratados com diferentes
433 indutores, entre eles, os PhiCa, PhiK e PhiCu e atribui como uma das possíveis
434 interferências, a avaliação tardia desta enzima, após 20 dias do tratamento. É possível
435 que para as pimentas, o período de armazenamento de 17 dias, tenha contribuído para
436 que a atividade desta enzima não fosse expressiva corroborando com estes autores.

437 No entanto o aumento da atividade CAT pode indicar que houve interação destes
438 produtos x fruto na percepção dos fungos, principalmente com os Phi a base de Ca para
439 todas as pimentas, e mais Phi K em pimenta ‘De Cheiro’ e Phi Cu em ‘Dedo-de-moça’
440 para redução das infecções quiescentes. A resposta do fruto para interação com fungo,

441 já foi apontada como responsável pelo aumento da atividade da CAT em flavedo e
442 albedo de frutos cítricos contra o desenvolvimento do mofo verde o que indica a
443 atividade destas ROS na resposta à infecção fúngica (Ballester et al. 2006), e no
444 presente trabalho pode ter sido atribuída ao tratamento com os fosfitos.

445 Desta forma, os resultados obtidos com este trabalho indicam o potencial dos
446 fosfitos aliada ao emprego da temperatura de armazenamento para o manejo de
447 podridões pós-colheita da pimenta oriunda de infecções quiescentes.

448

449 **Agradecimentos**

450

451 Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e
452 Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo a Elizabeth R Alexandre, e a
453 Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa
454 BFT-0185-5.01/13 a Adriana P. Melo.

455

456 **Referências**

457

458 Alexandersson E, Mulugeta T, Lankinen Å, Liljeroth E, Andreasson. Plant resistance
459 inducers against pathogens in Solanaceae species - from molecular mechanisms to field
460 application International Journal of Molecular Sciences 25 p. 2016. 1673;
461 Doi:10.3390/ijms17101673

462 Alexandre ER, Herculano LC, Silva JM, Oliveira SMA. Fosfitos no manejo da
463 antracnose do jiló. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 49:930-938, 2014.

464 Ali A, Bordoh PK, Singh A, Siddiqui Y, Droby S. Post-harvest development of
465 anthracnose in pepper (*Capsicum* spp): Etiology and management strategies. Crop
466 Protection, 90:132-141, 2016.

467 Alvindiaa DG, Natsuaki KT. Control of crown rot-causing fungal pathogens of banana
468 by inorganic salts and a surfactant. Crop Protection 26:1667–1673, 2007.

469 Ajith PS, Lakshmidhevi N. Effects of sodium and potassium salts on *Colletotrichum*
470 *capsici* incitant of anthracnose on bell pepper. Journal of Agricultural Technology,
471 7:423-430, 2011.

472 Beers JRF, Sizer IW. A spectrophotometric method for measuring the break down of
473 hydrogen peroxide by catalase. The Journal of Biological Chemistry, 195:133-140,
474 1952.

- 475 Ballester AR, Lafuente MT, González-Candelas, L. Spatial study of antioxidant
476 enzymes, peroxidase and phenylalanine ammonia-lyase in the citrus fruit-*Penicillium*
477 *digitatum* interaction. *Postharvest Biology and Technology*, 39:115-124, 2006.
- 478 Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram
479 quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical*
480 *Biochemistry*, 72:248-254, 1976.
- 481 Agrofit: consulta de produtos formulados. 2003. Disponível em:
482 <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 10
483 nov. 2017
- 484 Burra DD, Berkowitz O, Hedley PE, Morris J, Resjö S, Levander F, Liljeroth E,
485 Andreasson E, Alexandersson E. Phosphite-induced changes of the transcriptome and
486 secretome in *Solanum tuberosum* leading to resistance against *Phytophthora infestans*.
487 *BMC Plant Biology*, 14:254, 2014.
- 488 Carvalho CRL, Mantovani DM, Carvalho, PRN, MORAIS, R.M. Análise química de
489 alimentos. Campinas: ITAL, 1990. 115p
- 490 Cerioni, L, Rapisarda VA, Doctor J, Fikkert S, Ruiz T, Fassel R, Smilanick JL. Use of
491 phosphite salts in laboratory and semicommercial tests to control citrus postharvest
492 decay. *Plant Disease*, 97,:201-212, 2013
- 493 Chervin, C., Lavigne, D., Westercamp, P. Reduction of gray mold development in table
494 grapes by preharvest sprays with ethanol and calcium chloride. *Postharvest Biology and*
495 *Technology*, 54:115–117, 2009.
- 496 Chitravathi K, Chauhan OP, Raju PS. Influence of modified atmosphere packaging on
497 shelf-life of green chillies (*Capsicum annuum* L.). *Food packing and shelf life*, 4:1-19,
498 2015.
- 499 Cruz AF, Medeiros NL, Benedet GL, Araújo MB, Uesugi CH, Ferreira MASV, Peixoto
500 JR, Blum LEB. Control of post-harvest anthracnose infection in guava (*Psidium*
501 *guajava*) fruits with phosphites, calcium chloride, acetyl salicylic acid, hot water,
502 and 1-mcp. *Horticulture Environment, and Biotechnology*.56 (3): 330-340, 2015.
- 503 Ferreira EMS, Malta CM, Coelho CM, Pimenta RS. Substâncias GRAS no controle do
504 crescimento de *Colletotrichum gloeosporioides* e *Fusarium guttiforme* in vitro. *Journal*
505 *of Bioenergy and Food Science*, 2 (4):183-188, 2015.
- 506 Fischer IH, Palharini MCA, Fileti MS, Nogueira Júnior AF, Parisi MCM. Tratamentos
507 alternativos no controle da antracnose e sobre a qualidade de goiabas ‘Pedro Sato’.
- 508 *Summa Phytopathologica*, 42 (4): 333-339, 2016.

- 509 Koshiha T. Cytosolic ascorbate peroxidase in seedlings and leaves of maize (*Zea mays*).
510 *Plant and Cell Physiology*, 34:713-721, 1993.
- 511 Lai T, Bai X, Wang Y, Zhou J, Shi N, Zhou T. The response of growth and patulin
512 production of postharvest pathogen *Penicillium expansum* to exogenous potassium
513 phosphate treatment *Scientia Horticulturae*, 187:108–114, 2015
- 514 Lobato MC, Machinandiarena MF, Tambascio C, Dosio GAA, Caldiz DO, Daleo GR,
515 Andreu AB, Olivieri FP. Effect of foliar applications of phosphite on post-harvest
516 potato tubers. *European Journal of Plant Pathology*, 130:155-163, 2011.
- 517 Lopes LF, Cruz AF, Barreto MLA, Vasconcelos TMM, Blum LEB. Post-harvest
518 treatment with Ca-phosphite reduces anthracnose without altering papaya fruit quality.
519 *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2017. DOI:
520 10.1080/14620316.2017.1361342
- 521 Mani-López E, Palou E, López-Malo A. Effect of different sanitizers on the microbial
522 load and selected quality parameters of “chile de árbol” pepper (*Capsicum frutescens*
523 L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 119: 94–100, 2016.
- 524 Melo LGL, Silva EKC, Campos Neto JRM, Lins SRO, Rodrigues AAC, Oliveira SMA.
525 *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51:1703-1709, 2016.
- 526 Moreira LM, May-De-Mio LL. Controle da Podridão-Parda do pessegueiro com
527 fungicidas e fosfitos avaliados em pré e pós-colheita. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras,
528 33:405-411, 2009.
- 529 Palou L, Ali A, Fallik E, Rommanazi G. GRAS, plant- and animal-derived compounds
530 as alternatives to conventional fungicides for the control of postharvest diseases of fresh
531 horticultural produce. *Postharvest Biology and Technology*, 122:41–52, 2016.
- 532 Rêgo ER, Rêgo MM, Matos IWF, Barbosa LA. Morphological and chemical
533 characterization of fruits of *Capsicum* spp. Accessions (2011) *Horticultura Brasileira*
534 29: 364-371.
- 535 Talibi I, Boubaker H, Boudyach EH, Ben Aoumar AAB. Alternative methods for the
536 control of postharvest citrus diseases. *Journal of Applied Microbiology*, 117:1-17, 2014.
- 537 Wisniewski M, Drobyb S, Norellia J, Liuc J, Schena L. Alternative management
538 technologies for postharvest disease control: The journey from simplicity to complexity.
539 *Postharvest Biology and Technology*, 122:3–10, 2016.
- 540
- 541

542 **Tabela1.** Efeito dos sais inorgânicos sobre qualidade pós-colheita da pimenta cv. Biquinho Amarela, após 17 dias de armazenamento em
 543 diferentes temperaturas.

544

Tratamento	pH ¹		AT ²		ST ³		Acido Ascórbico ^{4,5}	
	12°C	15°C	12°C	15°C	12°C	15°C	12°C	15°C
Phi Ca	4.46 bcd*	N.A	0.71 d*	N.A	5.0 ^{n.s}	N.A	15.45 a*	N.A
Phi K	4.47 bc	4.13 f*	0.49 f	0.23 bcd*	6.5	6.5 ^{n.s}	23.58a	32.53 ⁵⁴⁷
PhiMg	4.44 ef	4.43 c	0.17 g	0.35 b	6.0	6.5	29.28a	81.33 ⁵⁴⁸
Phi Zn	4.42 f	4.47 ab	0.53 ef	0.21 cd	5.0	10.0	10.16a	40.67 de
Phi Cu	4.47 b	4.34 e	0.26 g	0.11 d	6.0	5.0	15.04a	25.21 ⁵⁴⁹
PhiCaB	4.50 a	4.47 ab	1.20 a	0.11 d	10.0	9.5	32.12a	16.27 ⁵⁵⁰
NaHCO₃	4.49 ab	4.47 ab	1.11 ab	0.5 a	6.0	10.0	18.70a	52.86 c
KCl	4.44 de	4.44 bc	0.18 g	0.27 bc	6.0	9.5	24.40a	44.32 ⁵⁵¹
CaCl₂	4.51 a	4.39 d	0.91 c	0.11 d	5.0	8.0	43.51a	65.07 ⁵⁵²
NaCl	4.44 cde	4.46 abc	0.46 f	0.31 bc	6.0	9.5	10.98a	65.07 b
Oxicloreto de cobre	4.43 ef	3.80 g	1.04 b	0.9 cd	6.5	6.5	13.01a	35.78 ⁵⁵³
Testemunha Phi-	4.49 ab	4.49 a	0.64 de	0.12 d	5.0	9.0	21.96a	33.75 ⁵⁵⁴

555

556 *Valores das médias originais. Letras iguais nas colunas não diferem entre si a probabilidade de 5% pelo teste de Tukey. ¹Potencial
 557 hidrogeniônico; ²Acidez total (% g.ácido cítrico. 100 g⁻¹ de amostra); ³Sólidos totais (°Brix), ⁴Ácido ascórbico (vitamina C – mg.100g⁻¹ de
 558 amostra). N.A=Não avaliado. Phi Ca = Fosfito de Cálcio; Phi K= Fosfito de Potássio;Phi Mg = Fosfito de Magnésio; Phi Zn = Fosfito de Zinco;
 559 Phi Cu = Fosfito de Cobre; Phi CaB = Fosfito de Cálcio + Boro; BiNa- Bicarbonato de sódio; KCl – Cloreto de potássio; CaCl₂ = Cloreto de
 560 cálcio; NaCl = Cloreto de sódio; Oxicloreto de cobre = Fungicida; Testemunha Phi - = pimentas sem tratamento com sais.

561

562 **Tabela2.** Efeito dos sais inorgânicos sobre qualidade pós-colheita da pimenta cv. Biquinho Vermelha, após 17 dias de armazenamento em
563 diferentes temperaturas.

Tratamentos	pH			AT			ST		564
	12°C	15°C	25°C	12°C	15°C	25°C	12°C	15°C	25°C
Phi Ca	4.65 a*	4.39 ab*	4.42 ^{N.S}	0.080 c*	0.46 abc*	0.0ab	5 c*	5 ^{N.S}	5 ^{N.S}
Phi K	4.55 a	4.30 abc	4.6	0.112 abc	1.73 a	0.26b	5.25abc	7.5	4.57
Phi Mg	4.74 a	4.36 abc	4.67	0.107 abc	0.11 abc	0.31ab	5.25abc	5	4.5
Phi Zn	4.56 a	4.34 abc	4.29	0.123 abc	0.29bc	0.44a	5.5 abc	5	4.5
Phi Cu	4.52 a	3.59 abc	4.51	0.128 abc	0.17 c	0.33ab	5.63ab	5	4.59
Phi CaB	4.68 a	4.37 abc	4.57	0.091 abc	0.11 c	0.36ab	5 c	5	4.5
NaHCO₃	4.56 a	3.56 c	4.37	0.155 abc	0.48 abc	0.43ab	5 c	5	4.5
KCl	4.54 a	4.45 a	4.58	0.502ab	1.07ab	0.37ab	5.5 abc	7	5.71
CaCl₂	4.73 a	4.38 abc	4.44	0.133 abc	0.84 abc	0.24ab	7.5 a	7	5
NaCl	4.61 a	3.85 bc	4.48	0.224 abc	0.45 abc	0.27b	5.75 a	4.5	5
Oxicloreto de cobre	4.60 a	3.58 c	4.57	0.101 abc	0.71 abc	0.34ab	5.25abc	6	5.73
Testemunha	4.63 a	4.37 abc	4.59	0.624 a	0.78 abc	0.37ab	6bc	5	5.74
Phi-									4.5
									5.75

576

577 *Valores das médias originais. Letras iguais nas colunas não diferem entre si a probabilidade de 5% pelo teste de Tukey. ¹Potencial
578 hidrogeniônico; ²Acidez total (% g.ácido cítrico. 100 g⁻¹ de amostra); ³Sólidos totais (°Brix), ⁴Ácido ascórbico (vitamina C – mg.100g⁻¹ de
579 amostra).N.S= Não significativo. Phi Ca = Fosfito de Cálcio; Phi K= Fosfito de Potássio; Phi Mg = Fosfito de Magnésio; Phi Zn = Fosfito de
580 Zinco; Phi Cu = Fosfito de Cobre; Phi CaB = Fosfito de Cálcio + Boro; NaHCO₃- Bicarbonato de sódio; KCl – Cloreto de potássio; CaCl₂ =
581 Cloreto de cálcio; NaCl = Cloreto de sódio; Oxicloreto de cobre = Fungicida; Testemunha Phi - = pimentas sem tratamento com sais

582 **Tabela 3.** Efeito dos sais inorgânicos sobre qualidade pós-colheita da pimenta cv. Dedo-de-moça, após 17 dias de armazenamento em diferentes
 583 temperaturas.
 584

Tratamentos	pH ¹			AT ²			ST ³			Acido Ascórbico ⁴		
	12°C	15°C	25°C	12°C	15°C	25°C	12°C	15°C	25°C	12°C	15°C	25°C
Phi Ca	4.64 bc*	4.39 b*	4,7 ^{N.S}	0.08 d*	0.46e*	0,16 a	5.00b*	5.0 ^{n.s}	13,5 ^{n.s}	101,6 b*	154,5 a*	N.A
Phi K	4.55 f	4.30 d	4,7	0.11 d	1.73 a	0,14 a	5.25b	7.5	12,7	138,2 a	145,3 a	
Phi Mg	4.56ef	4.34 cd	4,7	0.12 d	0.28ef	0,20 a	5.50b	5.0	13	121,9 ab	130,1 a	
Phi Zn	4.52 f	3.59 f	4,7	0.13 d	0.17f	0,15 a	5.25b	5.0	13,5	105,7 b	178,9 a	
Phi Cu	4.73 a	4.36 bc	4,7	0.11 d	0.11f	0,14 a	5.62b	5.0	13,5	117,9 ab	130,2 a	
Phi CaB	4.68 b	4.37 bc	4,8	0.09 d	0.45e	0,17 a	5.00b	5.0	13,4	109,8 b	122 a	
NaHCO₃	4.61 cd	3.85e	4,6	0.22 c	0.11f	0,14 a	5.75b	4.50	13,5	122 ab	130,1 a	
KCl	4.53 f	4.45 a	4,7	0.50 b	1.07 b	0,16 a	5.50b	10.0	13,2	130,1 ab	178,9 a	
CaCl₂	4.55 ef	3.56 f	4,7	0.15 cd	0.48de	0,16 a	5.00b	5.0	13	117,9 ab	187 a	
NaCl	4.72 a	4.38 bc	4,7	0.13 d	0.84bc	0,14 a	7.50 a	7.00	13	128,2 ab	130,1 a	
Oxicloreto de cobre	4.59 de	3.58f	4,7	0.10 d	0.71cd	0,16 a	5.25b	6.00	13	117,3 ab	154,5 a	
Phi-	4.62 cd	4.37 bc	4,7	0.62 a	0.78c	0,14 a	6.00 b	5.00	13,5	128,2 ab	138,2 a	

585 *Valores das médias originais. Letras iguais nas colunas não diferem entre si a probabilidade de 5% pelo teste de Tukey. ¹Potencial
 586 hidrogeniônico; ²Acidez total (% g.ácido cítrico. 100 g⁻¹ de amostra); ³Sólidos totais (°Brix), ⁴Ácido ascórbico (vitamina C – mg.100g⁻¹ de
 587 amostra). N.A = Não avaliado; N.S= Não significativo. Phi Ca = Fosfito de Cálcio; Phi K= Fosfito de Potássio; Phi Mg = Fosfito de Magnésio;
 588 Phi Zn = Fosfito de Zinco; Phi Cu = Fosfito de Cobre; PhiCaB = Fosfito de Cálcio + Boro; NaHCO₃- Bicarbonato de sódio; KCl – Cloreto de
 589 potássio; CaCl₂ = Cloreto de cálcio; NaCl = Cloreto de sódio; Oxicloreto de cobre = Fungicida; Testemunha Phi - = pimentas sem tratamento
 590 com sais.

591 **Tabela4.** Efeito dos sais inorgânicos sobre qualidade pós-colheita da pimenta cv. Malagueta, após 17 dias de armazenamento em diferentes
592 temperaturas.

Tratamentos	pH ¹			AT ²			ST ³			Acido Ascórbico ⁴		
	12°C	15°C	25°C	12°C	15°C	25°C	12°C	15°C	25°C	12°C	15°C	25°C
Phi Ca	5.04bcd*	5.04 e*	5.79abc*	0.29 bcd*	0.21 ab*	0.23bcd	7,0 ^{N.S}	5,0 ^{N.S}	5,0 ^{N.S}	125,22ab*	133,04 a*	105,65a*
Phi K	5.13 a	5.09 ab	5.39d	0.27 cde	0.19 abc	0.23bcd	6,12	4,5	4,0	133,04ab	82,17 a	121,30a
Phi Mg	5.14 a	5.07 abcd	5.66bcd	0.24 def	0.16bcde	0.19cd	5,75	4,5	5,0	133,04ab	86,09 a	121,30a
Phi Zn	5.09 ab	5.08 abc	5.50cd	0.19 f	0.24a	0.17cd	5,25	4,5	5,0	93,91 b	93,91 a	129,13a
Phi Cu	5.07abcd	5.03 e	6.05 a	0.32bc	0.18bcd	0.28abc	6,75	6,0	5,0	90,00 b	109,57 a	105,65a
Phi CaB	5.07 abc	5.04 de	5.57cd	0.21 ef	0.24 a	0.32ab	5,62	5,0	4,5	168,26 a	109,57 a	105,65a
NaHCO₃	5.02 cd	5.09ab	5.84abc	0.29 bcd	0.11 ef	0.28abc	10,0	5,0	5,0	125,22ab	148,70 a	125,22a
KCl	5.00 d	4.44 bc	5.79abc	0.53 a	0.19 abc	0.25bc	5,37	5,0	4,5	97,83ab	105,65 a	125,22a
CaCl₂	5.09ab	5.11 a	5.74abcd	0.36 b	0.14cdef	0.23bcd	9,25	5,0	4,5	133,04ab	93,91 a	109,57a
NaCl	5.02 cd	5.09 ab	5.85abc	0.32 bc	0.09f	0.38a	8,75	5,0	5,5	148,70ab	97,83 a	97,83a
Oxicloreto de cobre										113,48ab	105,65 a	109,57a
Testemunha Phi-	5.01cd	5.04de	5.97ab	0.26 cdef	0.13 def	0.22bcd	6,37	6,0	4,5			
	5.12 a	5.07 bcde	5.82abc	0.33 bc	0.18bcd	0.12d	6,0	4,5	5,0	125,22ab	129,13 a	144,78a

593

594 *Valores das médias originais. Letras iguais nas colunas não diferem entre si a probabilidade de 5% pelo teste de Tukey. ¹Potencial
595 hidrogeniônico; ²Acidez total (% g.ácido cítrico. 100 g⁻¹ de amostra); ³Sólidos totais (°Brix), ⁴Ácido ascórbico (vitamina C – mg.100g⁻¹ de
596 amostra).N.S= Não significativo. Phi Ca = Fosfito de Cálcio; Phi K= Fosfito de Potássio; Phi Mg = Fosfito de Magnésio; Phi Zn = Fosfito de
597 Zinco; Phi Cu = Fosfito de Cobre; Phi CaB = Fosfito de Cálcio + Boro; NaHCO₃- Bicarbonato de sódio; KCl – Cloreto de potássio; CaCl₂=
598 Cloreto de cálcio; NaCl = Cloreto de sódio; Oxicloreto de cobre = Fungicida; Testemunha Phi - = pimentas sem tratamento com sais.

599 **Tabela 5.** Efeito dos sais inorgânicos sobre qualidade pós-colheita da pimenta cv. De Cheiro, após 17 dias de armazenamento em diferentes
600 temperaturas.

Tratamentos	pH ¹			AT ²			ST ³			Acido Ascórbico ⁴		
	12°C	15°C	25°C	12°C	15°C	25°C	12°C	15°C	25°C	12°C	15°C	25°C
Phi Ca	5.97 a*	6.26 ef	5.13ab*	0.64 e*	0.59 a*	0.59bc	10.5 ^{N.S}	14.5 ^{N.S}	12.5 ^{N.S}	101,67a*	89,47ab*	126,07ab
Phi K	5.47 ab	6.72 ab	5.41ab	0.73 de	0.31 b	0.28e	10.5	15.0	5.0	101,67 a	154,53 a	146,40a
Phi Mg	5.49 ab	6.44 cdef	4.86b	0.75de	0.32b	0.74a	11.5	15.0	2.0	85,40 a	113,87ab	146,40ab
Phi Zn	5.25 b	6.20 f	5.20ab	0.64 e	0.38b	0.35e	14.0	15.0	9.5	122,00 a	142,33 a	117,93ab
Phi Cu	5.28 b	6.67 abc	4.59b	1.06a	0.17c	0.35e	10.5	15.0	9.0	97,60 a	146,40ab	113,87a
Phi CaB	5.52 ab	6.47bcde	5.06ab	0.79 de	0.32 b	0.54bcd	12.5	14.5	9.5	105,73 a	105,73ab	130,13ab
NaHCO₃	5.37 b	6.75 a	5.06ab	0.75 de	0.26 bc	0.47d	16.5	14.0	12.5	97,60 a	109,80ab	97,60 b
KCl	5.64 ab	6.48bcde	5.07ab	0.63 e	0.28 bc	0.53cd	16.0	14.5	11.0	85,40 a	130,13ab	97,60 b
CaCl₂	5.36 b	6.42 def	5.29ab	1.03ab	0.30 b	0.34e	10.5	10.0	9.0	101,67 a	65,07 b	97,60 b
NaCl	5.43 b	6.38 def	4.99ab	0.80 cde	0.30 b	0.64b	15.5	15.0	10.0	81,33 a	81,33ab	97,60 b
Oxicloreto de cobre										81,33 a	134,20ab	130,13ab
Testemunha	5.57ab	6.70 ab	5.10ab	0.98 abc	0.27 bc	0.34e	17.5	14.0	10.0			
Phi-	5.69 ab	6.55abcd	6.00 a	0.84bcd	0.38 b	0.32e	12.5	12.0	11.0	130,13 a	150,47 a	130,13ab

601

602 *Valores das médias originais. Letras iguais nas colunas não diferem entre si a probabilidade de 5% pelo teste de Tukey. ¹Potencial
603 hidrogeniônico; ²Acidez total (% g.ácido cítrico. 100 g⁻¹ de amostra); ³Sólidos totais (°Brix), ⁴Ácido ascórbico (vitamina C – mg.100g⁻¹ de
604 amostra).N.S= Não significativo. Phi Ca = Fosfito de Cálcio; Phi K= Fosfito de Potássio; Phi Mg = Fosfito de Magnésio; Phi Zn = Fosfito de
605 Zinco; Phi Cu = Fosfito de Cobre; Phi CaB = Fosfito de Cálcio + Boro; NaHCO₃- Bicarbonato de sódio; KCl – Cloreto de potássio; CaCl₂=
606 Cloreto de cálcio; NaCl = Cloreto de sódio; Oxicloreto de cobre = Fungicida; Testemunha Phi - = pimentas sem tratamento com sais.

607

608 **Tabela 6.** Efeito dos fosfitos sobre as atividades da enzima oxidativa e reativa catalase (CAT) da polpa de pimentas após 17 dias sob
609 armazenamento a $15 \pm 1^\circ\text{C}$.

Tratamentos	‘Biquinho’ ¹	‘Malagueta’ ²	‘De Cheiro’ ²	‘Dedo-de-moça’ ²	610
	$\mu\text{mol H}_2\text{O}_2/\text{mg Proteína /min}$	$\mu\text{mol H}_2\text{O}_2/\text{mg Proteína /min}$	$\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg Proteína/min}$	$\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg Proteína/min}$	611
Phi -	519,84 abcd ^y	711,95 bc	267,04 de	120,40 cde	612
Test Absoluta	211,75 d	424,59 c	213,79 de	1335,88 a	613
Phi CaB 0,5 g.L⁻¹	427,33	1024,23 abc	631,99 bc	120,59 cde	614
Phi K 0,5 g.L⁻¹	1091,01 abc	1549,03 a	858,67 a	642,19 ab	615
PhiCu 0,5 g.L⁻¹	155,32 d	532,34 abc	356,46 bcd	113,97 cde	616
Phi Cu 1,0 g.L⁻¹	587,32 abcd	659,09 c	193,94 e	1074,38 ab	617
Phi CaB 1,0 g.L⁻¹	1811,39 a	356,54 abc	601,38 ab	120,59 cde	618
Ca 0,5 g.L⁻¹	522,97 abcd	549,88 abc	394,16 abc	82,59 de	619
Phi K 1,0 g.L⁻¹	1573,82 ab	2957,75 ab	744,18 a	324,17 bcd	620
Phi Ca1,0 g.L⁻¹	470,41 abcd	5135,59 abc	412,17 abc	363,54 abc	621
Fungicida (oxicloreto de cobre)	370,81 bcd	612,77 bc	296,74 cde	97,46 cde	622

621

622 ^yLetras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Médias originais são mostradas de dados
623 transformados $\sqrt{(x+0,5)^1}$ e $(\log x)^2$ para atender os pressuposto da normalidade dos dados. Phi Ca = Fosfito de Cálcio; Phi K= Fosfito de
624 Potássio; Phi Cu = Fosfito de Cobre; Phi CaB = Fosfito de Cálcio + Boro; Oxicloreto de cobre = Fungicida; Testemunha Phi- = pimentas sem
625 tratamento com sais; Testemunha Absoluta = pimentas adquirida e processada.

626

627 **Tabela 7.** Efeito dos fosfitos sobre as atividades da enzima oxidativa e reativa ascorbato peroxidase (APX) da polpa de pimentas após 17 dias
628 sob armazenamento a $15 \pm 1^\circ\text{C}$.

Tratamentos	‘Malagueta’	‘Biquinho’	‘De Cheiro’	‘Dedo-de-moça’	
	APX $\mu\text{molAsA} /$ g.Proteína /min	APX $\mu\text{molAsA} /$ g.Proteína /min	APX $\mu\text{molAsA} /$ g.Proteína /min	APX $\mu\text{molAsA} /$ g.Proteína /min	
Phi -	894,72 a*	102,97 b	976,98 abc	561,38 e	629
Test Absoluta	474,20 a	132,36 ab	524,89 abc	212,66 bc	630
Phi CaB 0,5 g.L⁻¹	617,89 a	160,26 ab	265,73 c	144,90 bcd	631
Phi K 0,5 g.L⁻¹	434,84 a	137,41 ab	760,86 ab	642,16 a	632
Phi Cu 0,5 g.L⁻¹	197,78 a	961,77 b	153,70 ab	152,99 bcd	633
Phi Cu 1,5 g.L⁻¹	838,38 a	158,21 ab	462,92 abc	999,97 de	634
Phi CaB 1,5 g.L⁻¹	672,28 a	101,86 b	187,08 a	955,09 de	635
Ca 0,5 g.L⁻¹	280,77 a	123,09 b	102,54 abc	148,53 bcd	636
Phi K 1,5 g.L⁻¹	895,86 a	123,33 b	341,55 bc	223,70 b	637
Phi Ca1,5 g.L⁻¹	516,82 a	229,75 a	576,17 abc	597,47 a	638
Fungicida (oxicloreto de cobre)	228,17 a	122,64 b	600,41 ab	104,94 cde	639
					640

641 ^yLetras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Médias originais são mostradas de dados
642 transformados em Log (x+1) para atender os pressupostos da normalidade dos dados. Phi Ca = Fosfito de Cálcio; Phi K= Fosfito de Potássio; Phi
643 Cu = Fosfito de Cobre; PhiCaB = Fosfito de Cálcio + Boro; Oxicloreto de cobre = Fungicida; Testemunha Phi - = pimentas sem tratamento com
644 sais; Testemunha Absoluta = pimentas adquirida e processadas.

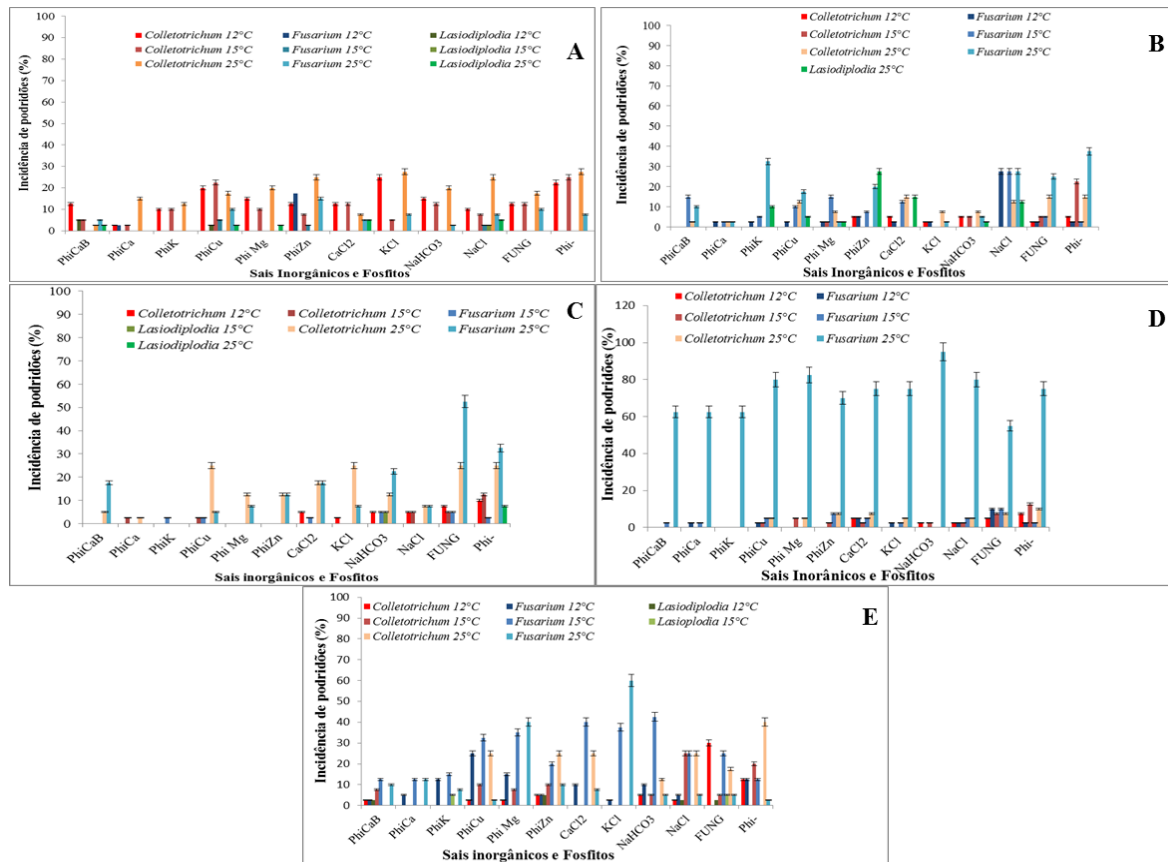
645

646

647 **Tabela 8.** Efeito dos fosfitos sobre as atividades da enzima oxidativa e reativa polifenoloxidase (PPO) da polpa de pimentas após 17 dias
 648 sob armazenamento a $15 \pm 1^\circ\text{C}$

Tratamentos	<i>C. frutencens</i>	<i>C. chinense</i>	<i>C. chinense</i>	<i>C. baccatum var. pendulum</i>	
	cv. Malagueta	cv. Biquinho	cv. De Cheiro	cv. Dedo de moça	
	mmol pirogalol min ⁻¹ mg ⁻¹ proteína	mmol pirogalol min ⁻¹ mg ⁻¹ proteína	mmol pirogalol min ⁻¹ mg ⁻¹ proteína	mmol pirogalol min ⁻¹ mg ⁻¹ proteína	
Phi -	0,055 a*	0,018 a	0,092 a	0,045 a	649
Test Absoluta	0,474 ab	0,182 ab	0,293 a	0,329 ab	650
Phi CaB 0,5 g.L⁻¹	0,600 ab	0,181 ab	0,269 a	0,480 ab	651
Phi K 0,5 g.L⁻¹	0,637 ab	0,155 ab	0,224 a	0,375 ab	652
PhiCu 0,5 g.L⁻¹	0,559 ab	0,155 ab	0,231 a	0,658 b	653
Phi Cu 1,5 g.L⁻¹	0,593 ab	0,125 ab	0,276 a	0,188 ab	654
Phi CaB 1,5 g.L⁻¹	0,538 ab	0,269 ab	0,250 a	0,579 ab	655
Ca 0,5 g.L⁻¹	0,654 ab	0,201 ab	0,282 a	0,260 ab	656
Phi K 1,5 g.L⁻¹	0,776 b	0,394 ab	0,270 a	0,671 b	657
Phi Ca1,5 g.L⁻¹	0,689 ab	0,470 b	0,299 a	0,515 ab	658
Fungicida (oxicloreto de cobre)	0,139 ab	0,052 a	0,161 a	0,116 ab	659
					660

661 ^yLetras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade. Phi Ca = Fosfito de Cálcio; Phi K=
 662 Fosfito de Potássio; Phi Cu = Fosfito de Cobre; PhiCaB = Fosfito de Cálcio + Boro; Oxicloreto de cobre = Fungicida; Testemunha Phi - =
 663 pimentas sem tratamento com sais; Testemunha Absoluta = pimentas adquirida e processadas



664

665 **Figura 1.** Incidência de podridões fúngicas em pimentas (A) - ‘Dedo-de-moça’, (B) - ‘De Cheiro’, (C) - ‘Malagueta’, (D) - ‘Biquinho Amarela’, (E) -
 666 ‘Biquinho Vermelha’ após tratamento com sais inorgânicos e fosfitos ambos a 1,5 g L⁻¹ e mantidas sobre armazenamento refrigerado nas temperaturas de 12,
 667 15 e 25 °C. Valores médios (%). Barra representa o erro padrão a 5% de probabilidade. PhiCaB – Fosfito de cálcio + boro; PhiCa – Fosfito de cálcio; PhiK –
 668 Fosfito de potássio; Phi Cu – Fosfito de cobre; Phi Mg – Fosfito de magnésio; PhiZn – Fosfito de zinco; CaCl₂ – Cloreto de cálcio; KCl – Cloreto de potássio;
 669 NaHCO₃ – Bicarbonato de potássio; NaCl – Cloreto de sódio; FUNG – Oxiclreto de cobre e Phi- Testemunha.

CAPÍTULO III

**Fosfitos na redução da antracnose pós-colheita das principais pimentas
do Nordeste brasileiro**

Artigo a ser submetido: Tropical Plant Pathology

1 **Fosfitos na redução da antracnose pós-colheita das principais pimentas do Nordeste** 2 **brasileiro**

3 Elizabeth Rodrigues Alexandre¹, Adriana Pereira de Melo¹ e Sônia Maria Alves de Oliveira¹

4 ¹Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Departamento de Agronomia, Universidade
5 Federal Rural de Pernambuco, 52171-090, Recife-PE.

6

7 **Resumo**

8 A antracnose pós-colheita das principais pimentas cultivadas no Nordeste compromete a vida
9 útil desta hortifrutícola quando infectadas pelos *Colletotrichum scovillei*, *C. truncatum* e *C.*
10 *tamarilloi*, sendo o *C. scovillei* mais agressivo. O manejo pós-colheita desta doença pode
11 incluir a utilização de fosfitos, pois Phi Ca, Phi CaB, Phi K e Phi Cu, pois apresentam efeito
12 inibitório sobre crescimento de *Colletotrichum scovillei* oriundos de pimentas, efetivos a CE₅₀
13 em quantidade inferior a 1,0 g i.a L⁻¹. Estes sais aumentaram a concentração de cálcio e boro
14 nos tecidos das pimentas tratadas com Phi Ca e Phi CaB nas pimentas, promovendo a maior
15 redução das lesões sobre a carposfera. Apesar de se observar respostas distintas para as
16 diferentes variedades, ‘Biquinho, Dedo-de-moça’, ‘De Cheiro’ e ‘Malagueta’, os Phi Ca e Phi
17 CaB a 0,5 e 1% foram mais promissores. Através da microscopia óptica de luz foi possível
18 verificar o tecido mais estrutura do endocarpo de pimentas tratadas com os fosfitos,
19 principalmente a base de Ca, que melhor resultaram na redução da antracnose, em contraste às
20 pimentas não tratada com estes sais. Os produtos de forma geral, ainda contribuíram para
21 manutenção da qualidade pós-colheita medida pelos atributos como SST, AT, pH e vitamina
22 C, e por isso esses produtos tem potencial de serem empregados junto a outras estratégias de
23 manejo da antracnose de pimenta.

24 **Palavras chaves:** *Capsicum* spp.; *Colletotrichum*; sais; manejo

25

26 **Abstract**

27 The post-harvest anthracnose of the main chilies cultivated in the Brazilian Northeast
28 compromises the shelf life of this horticultural crop when infected by *Colletotrichum*
29 *scovillei*, *C. truncatum* and *C. tamarilloi*, with *C. scovillei* being more aggressive. The post-
30 harvest management of this disease may include the use of phosphites, since Phi Ca, Phi CaB,
31 Phi K and Phi Cu have an inhibitory effect on the growth of *C. scovillei* on chilies, effective at
32 CE₅₀ in a quantity of less than 1.0 g i.a L⁻¹. These salts increased the concentration of the
33 calcium and boron elements in the chilies treated with the Phi Ca and Phi CaB, promoting

34 greater reduction of carposphere lesions. Although different responses were observed for the
35 different varieties, ‘Biquinho’, ‘Dedo-de-moça’, ‘De Cheiro’ and ‘Malagueta’, Phi Ca and Phi
36 CaB at 0.5 and 1% were the most promising phosphites. Through optical light microscopy it
37 was possible to verify the tissue structure of the endocarp of chilies treated with the
38 phosphites, mainly Ca-based, that better resulted in the reduction of the anthracnose, in
39 contrast to the untreated chilies. The products generally contributed to the maintenance of
40 post-harvest quality as measured by physico-chemical attributes such as SST, AT, pH and
41 vitamin C. Therefore these products have the potential to be used, in conjunction with other
42 anthracnose management strategies, on chili.

43 **Key words:** *Capsicum* spp .; *Colletotrichum*; salts; management

44

45 **Introdução**

46 No gênero *Capsicum* L. são encontradas cinco espécies domesticadas, *Capsicum*
47 *annuum* L.; *C. frutescens* L.; *C. chinense* Jacq.; *C. pubescens* Ruiz & Pavon e *C. baccatum* L.,
48 e diversas cultivares, com características morfológicas também variadas as quais estão
49 distribuídas nas Américas de onde se originaram, para outros continentes (Ali et al. 2016).

50 No Brasil, há cultivares e variedades que são próprias de cada região. No Nordeste, as
51 pimentas pungentes das variedades Tabasco e Malagueta de *C. frutescens* são as mais
52 cultivadas e ambas impulsionam a economia local e retratam o potencial produtivo do cultivo
53 da pimenta como é observado em nível mundial (Moreira et al. 2006).

54 As pimentas são hortifrutícolas com características nutricionais que incluem vitaminas
55 A, E e B, compostos fenólicos e voláteis, carotenóides, tocoferóis, ácido ascórbico e
56 capsaicinóides, responsáveis pela característica mais substancial das pimentas. A pungência é
57 advinda em cerca de 99% da capsaicina e diidrocapsaicina (Nugroho, 2016; Pinto et al. 2013).

58 São frutos imaturos, bagas, tipicamente tropicais que têm vida útil reduzida em 2-5
59 dias quando mantida sob temperatura ambiente (22-25 °C) que também pode comprometer a
60 pós-colheita da pimenta (Embrapa, 2007). Além desta condição, a incidência da antracnose,
61 que é uma das principais doenças para cultura, principalmente em pós-colheita, com/pois o
62 desenvolvimento de lesões deprimidas e necróticas incitadas pela colonização de
63 *Colletotrichum* que tornam as mesmas não comercializáveis, pois o fungo possui capacidade
64 de permanecer quiescente e afetar os frutos durante armazenamento e na comercialização
65 (Saxena et al. 2016).

66 Diversas espécies de *Colletotrichum* estão associadas à antracnose em pimentas no
67 mundo. No Brasil, já foram relatadas *C. acutatum* J.H. Simmonds, *C. boninense* Moriwaki,
68 Toy. Sato & Tsukib, *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc, *C. scovillei* Damm, P.F.
69 Cannon & Crous, *C. brevisporum* Noireung, Phouliv., L. Cai & K.D. Hyde, *C. siamense*
70 Prihast., L. Cai & K.D. Hyde, *C. truncatum* (Schwein) Andrus & W.D. Moore e *C. tropicale*
71 E.I. Rojas, S.A. Rehner & Samuels em frutos de *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. annuum*,
72 principalmente nas variedades de ‘De Cheiro’, ‘Malagueta’, ‘Biquinho’, ‘Jalapenho’ e
73 pimentão (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*) o que demonstra a busca pelo conhecimento
74 etiológico como primeira etapa para subsidiar a melhor estratégia de controle da antracnose
75 (Oliveira et al. 2017; Silva et al. 2017).

76 Uma estratégia de manejo deverá aliar a manutenção da qualidade pós-colheita com a
77 redução da incidência da doença. Como no Brasil não há produto registrado para o controle
78 após a colheita (Agrofit, 2003), é relevante a busca de estratégias alternativas que contribuam
79 para a redução das perdas desta hortifrutícola. A avaliação de substâncias derivadas de sais
80 orgânicos, inorgânicos e fosfitos, em paralelo ao controle químico usual com fungicidas, têm
81 mostrado praticidade econômica dentro da cadeia de hortaliças e frutas frescas (Gómez-
82 Merino & Trejo-Téllez, 2015; Palou et al. 2016).

83 Estes sais são produtos seguros que derivam do ácido fosforoso (H_3PO_3), os quais se
84 encontram em estado tautomérico de equilíbrio, e são resultantes da neutralização do ácido
85 fosforoso em grande maioria pela base hidróxido de potássio (KOH) e adquire utilização
86 comercial quando o resultado deste está vinculado a um cátion metálico K^+ , Na^+ , Ca^+ , NH_4^+ e
87 um ânion metálico e desta forma, podem ser denominados a partir do cátion ou ânion ao qual
88 está atrelado (Cerioni et al. 2013; Delliopoulus et al. 2010; Gómez-Merino & Trejo-Téllez,
89 2015).

90 O efeito destes produtos é relatado sobre a interação de frutas e hortaliças versus
91 fungos, reduzindo lesões, pois agem sobre o crescimento micelial e germinação de esporos
92 estimulando o acúmulo de espécies reativas de oxigênio, ou estimularem reações bioquímicas,
93 atuando de maneira fungicida (Estrada-Ortiz, et al. 2013; Demartelaere et al. 2017; Lopes et
94 al. 2017) .

95 O efeito sob *Colletotrichum* tem sido observado pela ação destes produtos na redução
96 da antracnose em manga x *C. gloeosporioides* (Shiet al. 2012), jiló x *C. tamarilloi* (Alexandre
97 et al. 2014), mamão x *C. gloeosporioides* (Demartelaere et al. 2017) e goiaba x
98 *Colletotrichum* sp. (Fischer et al. 2016) em pós-colheita.

99 Diante destas constatações e atrelando ao fato de que a antracnose pós-colheita é uma
100 doença de alta incidência sobre pimentas, objetivou-se avaliar diferentes fosfitos como
101 estratégia de controle alternativo em pós-colheita das principais pimentas cultivadas no
102 Nordeste brasileiro.

103

104 **Material e métodos**

105

106 **Isolamento e identificação de *Colletotrichum* associado à *Capsicum***

107 Foram obtidos 69 isolados patogênicos de diversas cultivares de frutos maduros de
108 pimentas das espécies *C. chinense*, *C. annuum*, *C. frutescens* e *C. baccatum* (variedades De
109 Cheiro, Malagueta, Murupi, Jalapenho, Cheiro-Jiló, Biquinho e Cumari) nos estados de
110 Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe no Nordeste brasileiro
111 (2014-2015). O isolamento e o cultivo dos mesmos em meio/foi feito em BDA. A partir da
112 massa de conídios foram feitas diluições 10 mL (cinco vezes) em água destilada esterilizada
113 (ADE) e obtidos culturas monospóricas.

114 A caracterização patogênica foi realizada, inoculando estes isolados obtidos das
115 pimentas diversas, em pimenta ‘Dedo-de-moça’ selecionando nesta variedade os mais
116 agressivos. A virulência dos isolados foi verificada em tomate longa vida ‘Caqui’, feijão-
117 vagem ‘Rasteiro Fartura’ e acerola ‘Okinawa’. Onde uma alíquota de 15 µL a partir
118 suspensão de 10^5 conídios mL⁻¹ de cada isolado foi depositada sobre os frutos com ferimentos
119 e mantidos a 25 °C e 85% UR até seis dias após este período avaliou-se o diâmetro médio das
120 lesões (mm) com paquímetro digital. A identificação molecular foi realizada após extração de
121 DNA dos isolados por kit comercial Purlink™ Plant (Invitrogen) para os mais virulentos
122 através do sequenciamento parcial do gene gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase (GAPDH)
123 com as condições de PCR e primers, de acordo com Damm et al. (2012), os isolados foram
124 sequenciados para confirmação da identidade.

125

126 **Efeito dos fosfitos sobre a antracnose pós-colheita da pimenta**

127 Os fosfitos nas concentrações de 0,5 e 1,25 g.L⁻¹ foram avaliados quanto à eficiência
128 no controle da antracnose. A testemunha constou de pimentas imersas em ADE. As
129 variedades Biquinho, De Cheiro, Dedo-de-moça e Malagueta utilizadas foram oriundas de
130 áreas de produção de Pernambuco e todas cultivares da empresa Hortivale®.

131 O tratamento se deu por imersão dos frutos (desinfestados em NaOCL 1% durante 3
132 minutos) em solução dos sais a 4,5 pH durante 30 minutos.

133 Após tratamento as bagas foram inoculadas com um isolado de *C. scovillei*, *C.*
134 *truncatum* e *C. tamarilloi* e acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e
135 envolvidos em filme plástico de PVC de 15 μ m e submetidos à temperatura de 15 \pm 2 °C em
136 câmara fria, mantidos por um período de 20 dias.

137 Realizaram-se avaliações periódicas no intervalo de cinco dias, totalizando quatro
138 avaliações para tamanho médio da lesão de antracnose e cálculo do efeito da redução pela
139 relação de Latifa et al. (2011).

140 O experimento foi conduzido em delineamento casualizado com quatro repetições de
141 20 frutos por unidade amostral. A mesma quantidade de frutos/tratamento para todas as
142 variedades de pimentas foi utilizada para a avaliação dos atributos físico-químico, SST
143 (sólidos solúveis totais), AT (acidez total), além da relação SST/AT, pH (potencial
144 hidrogeniônico) e teor de ácido ascórbico (Vitamina C) de acordo com Mattos et al. (2007).
145 Também foi determinada a coloração pelo sistema CIELab com fotocolorímetro Minolta C-R
146 200, obtendo L*(luminosidade), a*(verde ao vermelho) e b* (azul ao amarelo) como os
147 parâmetros de cromaticidade (Carvalho et al. 2014; Mattos et al. 2007).

148

149 **Análise Bromatológica das pimentas tratadas com os fosfitos**

150 Os frutos tratados com os diferentes fosfitos também foram utilizados para
151 determinação dos teores dos elementos associados aos Phi, Ca (cálcio), K (potássio), B (boro)
152 e Cu (cobre), além do teor de sódio (Na) dos tecidos, comparando às amostras imersas em
153 ADE e em contato com o fungo, além da testemunha absoluta, processada imediatamente
154 após a chegada dos frutos, sem qualquer tratamento.

155 A digestão ácida foi realizada para 0,5 g de pimentas secas em estufa, foi determinada
156 pela metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Miyazawa et al., 2009)
157 sendo o cálcio (Ca) determinado através de absorção atômica (PerkinElmer – Aanalyst 200)
158 calibrado com coeficiente de correlação de 0,99%. O potássio e o sódio (K e Na) em
159 fotômetro de chama (Digimed DM-61) e boro e cobre (B e Cu) determinados em
160 espectrômetro ótico de emissão (PerkinElmer – Optima 7000 DV).

161

162

163 **Análise de microscopia óptica do mesocarpo de pimentas na interação com fosfitos**
164 **versus *Colletotrichum***

165 Frutos em estágio de maturação comercial (10 bagas) das variedades Biquinho, Dedo-
166 de-moça e Malagueta foram tratadas por imersão com os Phi Ca, CaB, K e Cu e verificadas
167 após 48 e 144 horas do tratamento e inoculação com 10 µL de suspensão de *C. scovillei* a
168 concentração de 1×10^6 conídios/mL¹. Phi- consiste na testemunha sem tratamento com os
169 fosfitos. Secções do tecido das pimentas foram fixadas em FAA (formaldeído 37%, etanol
170 70% e ácido acético) seguida de desidratação em diferentes concentrações de álcool,
171 clarificação com xilol e infiltração, inclusão em parafina, e montagem dos blocos com secção
172 em micrótomo a 3 µm seguida da coloração com Hematoxilina-Eosina (Molinari et al. 2010).

173

174 **Fosfitos na redução do crescimento de *Colletotrichum* in vitro**

175 Fosfitos (Fosfitotal® Intercurf, Campinas, SP, Brasil) de cálcio (Phi Ca 18%; 64%
176 P₂O₅), potássio (Phi K 38%; 58% P₂O₅), cálcio+ boro (Phi CaB 14,5% Ca+ 3,0%; 52% P₂O₅),
177 cobre (Phi Cu 13%; 31,5% P₂O₅), nas concentrações 0,25; 0,50; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5 e 1,75 g.L⁻¹
178 ¹ foram incorporados ao meio BDA e discos de 3 mm de diâmetro de 10 isolados de *C.*
179 *scovillei* foram depositados no centro de placa, incubados a 28 °C, em regime de luz contínua.
180 A avaliação foi realizada de acordo com Alexandre et al. (2014), a partir da porcentagem de
181 inibição do crescimento micelial (ICM), em todas as concentrações dos fosfitos utilizadas
182 conforme Pereira et al. (2012), para obtenção da inibição de 50% da ICM (CE₅₀) em dez
183 isolados de *Colletotrichum* obtidos das diferentes variedades de pimenta. O delineamento
184 utilizado foi inteiramente causalizado, utilizando quatro repetições/Phi/concentração, sendo a
185 repetição constituída da placa de Petri.

186

187 **Análise Estatística**

188 Os dados foram submetidos à ANOVA e então comparados pelos testes de Tukey ou/e
189 teste de Kruskal-Wallis, ambos ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software
190 STATISTIX 9.0, Analytical Software, Tallahassee, USA. Foi realizado o Teste de Scott-Knott
191 quando adequado através do Assistat Software versão 7.7 (Silva & Azevedo, 2016). As
192 imagens microscópicas foram obtidas em microscópio de luz LEICA ICC50 HD com
193 aquisição pelo software acoplado Leica LAS EZ (Leica Microsystems, Buffalo Grove, USA)
194 e mensuradas pelos CMEIAS 1.28 software (Liu et al. 2001).

195

196 **Resultados**

197

198 **Isolados de *Colletotrichum* associados à *Capsicum* spp.**

199 Foram obtidos 69 isolados todos patogênicos as pimentas de diferentes variedades que
200 foram coletadas nos estados de Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e
201 Sergipe, (Figura 1A) além de se mostrarem agressivos na sua hospedeira de origem, conforme
202 visualizado nas bagas inoculadas (Figura 1B). No entanto apenas 23 destes isolados
203 apresentaram tamanho médio de lesão (acima de 21 mm) em pimenta ‘Dedo-de-moça’
204 (Figura 2) sendo estes utilizados identificados, (17 *C. scovillei*; 3 *C. truncatum* e 3 *C.*
205 *tamarilloi*). Estes 23 fungos também foram virulentos ao tomate, ao feijão-vagem e a acerola
206 (Figura 3), indicando que são importantes patógenos pós-colheita.

207

208 **Efeito in vitro dos sais de Fosfitos (Phi)**

209 Houve redução sobre o crescimento micelial de dez isolados virulentos de *C. scovillei*
210 pelos diferentes fosfitos ($p \leq 0.001$) empregados (Tabela 1). O Phi Ca promoveu redução com
211 menores CE_{50} em pelo menos oito dos 10 isolados na faixa de 0,63-1,35 g i.a L^{-1} . A CE_{50} de
212 até 1 g i.a L^{-1} foi possível em seis isolados de *C. scovillei* com o Phi CaB. As menores CE_{50}
213 para redução do crescimento micelial do fungo foi observada com o Phi K com todas menores
214 de 1 g i.a L^{-1} . Já para o Phi Cu foi verificado maiores concentrações da faixa de 1,58-3,29 g
215 i.a L^{-1} deste fosfito para obtenção de CE_{50} para redução de *C. scovillei* em alguns isolados.

216

217 **Fosfitos na redução da antracnose pós-colheita de pimentas**

218

219 Os diferentes fosfitos inibiram o desenvolvimento da antracnose associadas aos
220 diferentes agentes *C. truncatum*, *C. scovillei* e *C. tamarilloi*, favorecendo a inibição do
221 tamanho médio da lesão (ITML%) conforme mostra a Figura 4. Na pimenta ‘Biquinho’ (Fig.
222 4 a) os Phi Ca e Phi CaB ambos a 0,5 e 1,0% promoveram maior redução da antracnose
223 seguido do Phi K 0,5%.

224 Para a pimenta ‘De Cheiro’ o Phi CaB 0,5 e 1,0% foram os tratamentos que melhor
225 contribuíram para redução da antracnose (Fig. 4 b), sendo os Phi Ca 1% e Phi K 0,5%
226 tratamentos de comportamento intermediário. Na pimenta ‘Malagueta’ maior ITML% (Fig. 4
227 c) foram verificados com os Phi Cu 0,5 e Phi Cu 1% e os fosfitos Phi K 0,5% e Phi Ca 0,5%
228 resultaram em inibições moderadas das lesões das diferentes espécies associadas.

229 O Phi Ca e Phi K a 1% também foram os tratamentos com maior eficiência na redução
230 da antracnose pelo desenvolvimento de *C. truncatum*, *C. scovillei* e *C. tamarilloi* na pimenta
231 ‘Dedo-de-moça’ (Fig. 4 d). Em três das pimentas estudadas, ‘Biquinho’, ‘De Cheiro’ e
232 ‘Dedo-de-moça’ o Phi Cu consistiu no tratamento de menor eficiência na redução da lesão,
233 chegando até 15-20% de ITML% da antracnose em pimenta ‘Dedo-de-moça’ com o Phi Cu
234 1%.

235 Os atributos físico-químicos da pimenta ‘Biquinho’ são mostrados na Tabela 2. Os
236 valores de pH foram aumentados em relação à testemunha com os tratamentos Phi CaB e Phi
237 K. O teor de SST não foi alterado e AT não diferiu entre os tratamentos nos três experimentos
238 avaliados. A relação SST/AT foi maior com os Phi CaB e Phi Ca comparado à testemunha e
239 testemunha absoluta. O Phi Cu afetou o teor de vitamina C, resultando nos menores valores
240 quando comparada à testemunha absoluta. Os parâmetros da cor são apresentados na Tabela
241 3. Os valores de a^* foi comprometido pelo Phi Cu 1% que diferiu da testemunha absoluta e
242 obteve menor valor número para este parâmetro. Quando comparados à testemunha sem
243 tratamento com os fosfitos, não se observa diferença estatística, para os valores de b^* , nem de
244 a^* os quais contribuiriam para manutenção da cor vermelha das pimentas. Os foram próximos
245 dentre os tratamentos e L^* não mostrou efeito significativo.

246 Para a pimenta ‘Dedo-de-moça’ os valores de AT foram aumentados com Phi Cu a 1 e
247 0,5%, enquanto que os valores de pH variaram pouco dentre os tratamentos quando
248 comparadas à testemunha, conforme verifica-se na Tabela 4 para os atributos físico-químicos
249 avaliados. O SST não diferiu estaticamente entre os tratamentos. A relação SST/AT em dois
250 dos experimentos foram maiores com os Phi Cu a 1% e Phi K a 0,5%.

251 Nos tratamentos Phi Ca e Phi K o teor de Vitamina C não diferiu da testemunha, mas
252 foi reduzido com os Phi Cu 0,5 e 1% nos três experimentos. Na Tabela 5 mostra que em dois
253 dos experimentos o L^* não diferiu entre os tratamentos, porém em uma avaliação Phi K a 0,5
254 e 1%, seguido de Phi Cu a 1% idênticos entre si, diferiram da testemunha com menores
255 valores de luminosidade. Os valores de b^* e a^* dos fosfitos aplicados são próximos e
256 comparados às testemunhas não diferem entre si.

257 Na Tabela 6 são apresentados os atributos físico-químicos da pimenta ‘De Cheiro’. O
258 pH foi aumentado com o Phi K a 0,5% nos três experimentos quando comparado à
259 testemunha. Os valores de AT se mostram próximos à testemunha e os SST não mostraram
260 diferença estatística entre os tratamentos. O teor de vitamina C e a relação SST/AT não
261 diferiram entre os tratamentos mantendo-se este comportamento nos três experimentos. Os

262 parâmetros de cor da pimenta ‘De Cheiro’ não foram alterados pelos tratamentos, como
263 podem ser visualizados na Tabela 7. O L* não diferiu estatisticamente (p=0,06; p=0,2;
264 p=0,55) nos três experimentos assim como a* (p=0,22; p=0,058; p=0,31), e b* nos três dos
265 experimentos (p=0,4; p=0,11).

266 Os atributos físico-químicos da pimenta ‘Malagueta’ estão apresentados na Tabela 8.
267 Os valores de pH foram aumentados com o Phi Ca (0,5 e 1%) em três dos experimentos
268 avaliados. Já os valores obtidos com Phi Cu não diferiram da testemunha. Não se observou
269 alteração nos valores de AT e SST, pois os valores foram muito próximos dentre os
270 tratamentos. O Phi Ca a 0,5% e a 1% promoveram maior relação SST/AT nos experimentos
271 avaliados. Já os Phi K (1%) e Phi Cu (0,5 e 1%) mostraram menores SST/AT. O teor de
272 vitamina C foi comprometido pelo Phi Cu a 0,5% com redução 61-70%.

273 Na Tabela 9, os parâmetros da cor são apresentados, e demonstram maiores valores de
274 L* e a* para Phi Cu (0,5%) e Phi Ca (1%). Os maiores valores de b* foram observados no
275 tratamento com Phi Ca a 0,5% e Phi K 0,5 e 1%.

276

277 **Análise bromatológica das pimentas após tratamento e interação com *Colletotrichum***

278

279 O teor dos macro e micronutrientes Ca, K e B em pimentas ‘De Cheiro’ após
280 tratamento com os fosfitos são mostrados na Tabela 10. Nas amostras tratadas com Phi K
281 (1%) foram verificadas maiores valores de K, assim como os maiores níveis de Ca foram
282 oriundos dos tratamentos com Phi Ca e Phi CaB (1%) sem diferirem da testemunha. Os
283 maiores teores de B, em amostras com Phi CaB a 0,5% foi 3-3,5 vezes mais altos em relação
284 ao controle e 10% maior que Phi CaB na concentração de 1%. O teor de Na foi semelhante
285 entre os tratamentos.

286 Observou-se em pimenta ‘Dedo-de-moça’ (Tabela 11) dois grupos foram formados
287 para concentração de Na, sendo maior nos tratamentos Phi K, Phi Ca, Phi CaB (1%) e Phi
288 CaB (0,5%) sem diferir da testemunha absoluta.

289 A concentração de K foi maior nos tratamentos com Phi K com uma variação ampla
290 do teor total deste elemento dentre os demais tratamentos. Em duas amostras de Phi Ca (1%)
291 se observou maior teor de Ca nos tecidos, no entanto para os demais não diferiram entre si
292 inclusive das testemunhas inoculada (Phi -) e testemunha absoluta. O teor de B foi maior em
293 Phi CaB (1%) em cerca de 1,5-2 vezes maior que na testemunha inoculada. As concentrações
294 dos elementos em pimenta ‘De Cheiro’ são visualizadas na Tabela 12. O teor de Na de 3,1

295 ppm em amostras tratadas com Phi CaB a 0,5% foi o mais alto quando comparado as
296 testemunhas. Nas amostras o teor de 26-36 g Kg⁻¹ de K foram verificadas nos diversos
297 tratamentos com os fosfitos utilizados. O teor de Ca em amostras infectadas foi de 0,7-1,2 g
298 Kg⁻¹, já em Phi CaB (1%) foi mais alto do que a testemunha absoluta. Verificou-se os maiores
299 teores de B nos tratamentos com Phi CaB a 1% do que em Phi CaB a 0,5%.

300 Em pimenta ‘Malagueta’ os elementos estão apresentados na Tabela 13. O teor de Na
301 variou de 7,5-9,3 ppm entre os tratamentos, sendo Phi Cu e Phi K (0,5%), Phi CaB (1%) não
302 diferiram da testemunha. A maior e menor concentração de Ca foi observado,
303 respectivamente, em amostras de Phi CaB (1%) e testemunha, já os demais tratamentos não
304 diferiram entre si. Em Phi CaB a 1% concentrou-se maior nível de B. A quantidade de cobre
305 nos tratamentos Phi Cu (0,5 e 1%) não diferiu entre a testemunha relativa e a testemunha
306 absoluta.

307

308 **Avaliação estrutural de pimentas após tratamentos com fosfitos em microscopia óptica**

309

310 Apenas *C. scovillei* foi utilizado para observação das pimentas ‘Biquinho’,
311 ‘Malagueta’ e ‘Dedo-de-moça’ versus antracnose por ser o fungo observado em maior
312 frequência dentre os isolados obtidos, como patógeno associado à antracnose da pimenta no
313 Nordeste brasileiro.

314 A organização celular nos tecidos tratados com Phi Ca a 1% e Phi CaB a 0,5 e 1%,
315 Phi Cu a 0,5% após 48 h do tratamento e inoculação do fungo em pimenta ‘Dedo-de-moça’
316 (Figura 5 A-C e D), contrasta com o controle (Figura 5 E) onde se observa menor estruturação
317 celular, o desenvolvimento do fungo afetando a parede celular, e contrasta ainda mais após
318 144 h onde a testemunha (Figura 5 G) já apresenta intensa colonização dos tecidos com
319 rupturas no tecido subepidérmico.

320 A camada de células pequenas desta pimenta não difere estatisticamente entre os
321 tratamentos empregados. O Phi Cu 1% a 48 h após tratamento e inoculação não diferem da
322 testemunha inoculada e da testemunha absoluta, quanto à espessura da camada de células
323 médias. Já a camada das células grande de pimentas tratadas com Phi CaB 1% após 48 h da
324 inoculação e tratamento difere da testemunha absoluta. O tecido da pimenta tratada com Phi
325 Ca 1% mesmo após 144 h da inoculação difere da testemunha Phi-, quanto a espessura da
326 camada de células grandes. Embora Phi Ca 1% (5 F) se observe algumas cavidades da ruptura
327 do tecido, ainda se observa melhor estrutura do mesmo.

328 Em pimenta ‘Biquinho’ observa-se camada de células maiores com até 508, 82 µm de
329 comprimento que levou a aparente compactação da camada média (seta vermelha Fig. 6).

330 A estrutura celular dos frutos tratados com Phi Ca1%, Phi CaB 0,5 e 1% se mostram
331 mais estruturadas ao contrario de Phi- que apresentam colapso das células epidérmicas, com
332 vários espaços intercelulares, o qual conota maior perda da firmeza e intenso ataque de *C.*
333 *scovillei*. A camada de células pequenas não diferem entre os tratamentos, já na camada de
334 células médias, Phi CaB 1 e 0,5% (Figuras 6 E, 6 F) não diferem entre si, nem da testemunha
335 absoluta (Figura 6 B), no entanto diferem da testemunha Phi -. A camada de células grandes
336 do tecido tratado com Phi Ca 1% é semelhante à testemunha absoluta, e diferem dos demais
337 tratamentos, ambos, tratados e inoculados após 48 h.

338 As secções ópticas de pimenta ‘Malagueta’ confirmam o efeito dos tratamentos com
339 Phi Ca 1%, Phi Cu e CaBa 0,5% com os tratamentos que melhor corresponderam à
340 integridade celular (Figura 7 A, C e D) após 48 h da inoculação e mesmo após 144 h Phi Cu
341 0,5% e Phi Ca 1% conseguem reduzir o desenvolvimento do fungo.

342 Nas amostras com Phi CaB 0,5 e 1% é possível observar colonização com hifas finas e
343 espessas em camadas subepidérmica que se mostram mais espaçadas. A camada e células
344 pequenas de Phi Ca 1% a 48 h e 144 h após tratamento e inoculação, não diferem
345 estatisticamente, nem do Phi CaB 0,5% após 144 h. O comprimento da camada de células
346 médias de Phi CaB 0,5% e 1% as 48 h (Figura 7 C, 7D) do tratamento e inoculação não
347 diferem da espessura do tecido tratado com Phi Ca 1% (Figura 7 A).

348 O Phi Cu1% não se apresentou eficiente, onde se observa degradação da cutícula e
349 ruptura das células epidérmicas após 144h do tratamento e inoculação com isolado agressivo
350 de *C. scovillei*, comparando-se à Phi- (Figura 7 L) onde há intensa colonização do fungo e alta
351 desorganização celular (Figura 7L). Observou-se que a camada de células média dos
352 tratamentos com Phi Cu 0,5 e 1% após 144 h (Figura 7 E, 7 F) do tratamento e inoculação
353 obtiveram menores valores da espessura do tecido.

354

355 **Discussão**

356

357 A redução micelial de *Colletotrichum* spp. por diferentes fosfitos já foi relatado para
358 isolados de diversas frutas e hortaliças, onde *C. gloeosporioides* e *C. tamarilloi* sofreram
359 efeito fungistático (Demartalaere et al. 2017; Alexandre et al. 2014). Os 10 isolados mais
360 virulentos de *C. scovillei* mostraram diferentes comportamentos para os fosfitos utilizados.

361 No entanto grande parte sofreu redução do crescimento micelial com os Phi Ca, Phi
362 CaB e Phi K, o que pode ser atribuído a ação tóxica dos fosfitos impedindo o
363 desenvolvimento vegetativo total ou parcialmente, com os Phi Ca, e Phi K, resultado esse que
364 corroboram com os verificados por outros autores (Lopes et al. 2017; Alexandre et al. 2014).

365 A concentração necessária para total inibição pode ser muito alta entre 5 a 10 mL. L⁻¹
366 para *C. gloeosporioides* (Ogoshi et al. 2013) ou baixa em até 1000 µl L⁻¹ para *C.*
367 *lindemuthianum* (Silva et al. 2015) e podem, com este resultado, fornecer resposta sobre o
368 potencial da utilização deste fosfitos no manejo da doença em condições *in vivo*.

369 O cobre (oxicloreto de cobre e óxido de cobre) está entre os produtos que são
370 recomendados para o controle da antracnose da pimenta no campo (Agrofit, 2017) e de onde
371 os isolados são provenientes há aplicação de fungicidas. Possivelmente para estes isolados há
372 um maior custo para o efetivo controle com quaisquer produtos à base de cobre, como visto
373 para o Phi Cu; já que a maioria precisou de valores acima de 1 g L⁻¹ para ICM.

374 Os fosfitos exerceram boa redução na antracnose pós-colheita nas pimentas sob as
375 condições dos estudos. Pode-se ressaltar que os Phi Ca, Phi CaB e Phi K, nesta ordem, foram
376 os que mais contribuiram para redução das lesões pelos *C. scovillei*, *C. tamarilloi* e *C.*
377 *truncatum* nas pimentas ‘Biquinho’, ‘Dedo-de-moça’ e ‘De Cheiro’. Em ‘Malagueta’ também
378 houve efeito na redução das lesões por *C. scovillei* pelo Phi Cu, no entanto o efeito dos sais de
379 fosfitos para esta cultivar não foi tão pronunciado. Este comportamento pode ser devido a
380 maior ou menor eficiência na absorção do produto durante o tratamento (Araújo et al. 2010).

381 O emprego dos fosfitos na redução de podridões pós-colheita, incluindo a antracnose,
382 visa reduzir a incidência das lesões, seja por conferir resistência nos tecidos ou ação
383 fungistática (Blum et al. 2007), sem que alterem os atributos de qualidade (cor, aparência,
384 sólidos solúveis, acidez titulável, pH,) desejável ao mercado (Demartelaere et al. 2017). Neste
385 sentido, maior ITML % foram verificadas nas pimentas tratadas com Phi Ca, Phi CaB a 1% e
386 Phi K 0,5% , corroborando com Lopes et al. (2017) que verificaram redução da antracnose do
387 mamão por *C. gloeosporioides* com 6 ml L⁻¹ de Phi Ca e Blum et al. (2007) os quais
388 demonstraram redução do mofo azul por *Penicillium expansum* L. em *Malus domestica* Borkh
389 tratadas com os Phi K (1,5 ml L⁻¹) e Phi CaB a 3,0 ml L⁻¹.

390 Os atributos de qualidade das pimentas de forma geral se mantiveram adequados
391 comparando-se as testemunhas: (Phi -) não tratadas e a testemunha absoluta (pimenta colhida
392 no estado de maturação comercial), sendo verificadas algumas alterações em cada pimenta,

393 qual será útil para determinar o melhor fosfito com potencial a ser uma alternativa no manejo
394 da doença.

395 Em pimentas tratadas com Phi Cu o comprometimento da vitamina C foi crucial para
396 apontá-lo como desfavorável ao emprego prático, já que este é um importante atributo em
397 pimentas (Topuz & Ozdemir, 2007).

398 A preservação da cor das pimentas após os tratamentos também despontam o potencial
399 destes produtos, observado por não alterar os valores de L* e contribuir maiores valores de
400 a*, após tratamento com Phi Ca, contribuindo para manutenção da cor vermelha (Matos et al.
401 2007) das pimentas ‘Biquinho’, ‘Malagueta’ e ‘Dedo-de-moça’ com reflexos na vida de
402 prateleira das mesmas, pois o brilho e a aparência superficial são atributos relevantes em
403 frutas e hortaliças e podem determinar aparência desejável seja para indústria de
404 processamento ou para o destino do comercio de fruto fresco (Carvalho et al. 2014; Chitarra
405 & Chitarra, 2005).

406 O efeito dos diferentes fosfitos (Phi) foi diverso e esse comportamento já foi
407 observado na interação de patossistemas em pós-colheita e pode estar diretamente relacionado
408 ao modo de ação destes sais.

409 Nas pimentas ‘Biquinho’ as maiores concentrações de Ca e B nos tecidos das pimentas
410 submetidas aos tratamentos com Phi Ca e Phi CaB foram atribuídas ao efeito direto de
411 acúmulo proveniente dos fosfitos. Na pimenta ‘De Cheiro’ os teores de B mais elevados nos
412 tecidos também coincidem com menor desenvolvimento da antracnose pós-colheita. Em
413 nectarinas o tratamento com B a 8% em concentração de 1000 µL reduziu a incidência da
414 podridão parda conferindo maior resistência contra o desenvolvimento de *Monilinia laxa*
415 (Aderh. & Ruhland) Honey tanto *in vivo* como *in vitro*, o fungo sofreu inibição total de seu
416 crescimento numa CE₅₀ de 690,9 µL, e por isto, a formulação a base de B tem sido apontado
417 como efetivo produto alternativo para manejo desta podridão (Thomidis et al. 2017).

418 O teor de B em pimenta ‘Malagueta’ também foi maior no tratamento com Phi CaB a
419 1%, mas como ficou semelhante a outros tratamentos e da testemunha absoluta não se pode
420 afirmar que houve efeito direto de acúmulo. Assim como em ‘Dedo-de-moça’, o teor de Ca e
421 B após tratamento não respondeu diretamente se o efeito sob a redução da antracnose foi o de
422 acúmulo.

423 O cálcio intracelular e intercelular fornecem informações para célula ou destinam o
424 ambiente iônico, subsídios para integridade da parede celular, assim como o boro, que pode
425 reduzir a rachaduras na cutícula já verificado em pêssegos, ambos podem dá melhor resposta

426 à invasão de fungo, com função reguladora e de estabilidade (Chitarra & Chitarra, 2005;
427 Madani et al. 2016; Thomidis & Exadaktylou, 2010).

428 O modo de ação que resultou na redução da antracnose pós-colheita pelo cálcio e o
429 cálcio+boro está possivelmente ligado à resistência da parede do fruto ao ataque de *C.*
430 *scovillei*. Por outro lado, sabe-se que o efeito dos sais sobre o fruto pode ser atribuída aos
431 ânions nas células e reações de defesa da célula contra o desenvolvimento do patógeno. O Ca
432 está intimamente relacionado como sinalizador para espécies reativas de oxigênio (ROS-
433 reactive oxygen species) (Talibi et al. 2014; Torres et al. 2006)

434 O Ca contribui para o prolongamento pós-colheita de hortifrutícolas (Chitarra &
435 Chitarra, 2005). Os resultados se assemelham ao encontrado por Le (2014), onde o autor
436 ressalta que o efeito direto do Ca foi observado sobre a redução de *Botrytis cinerea*, mas não
437 sobre o fortalecimento da parede celular do pimentão cv. Aires em pós-colheita. Por outro
438 lado se observou relação negativa entre a concentração de B no pimentão e o
439 desenvolvimento do mofo cinzento. Isto indica que o tratamento com estes produtos em pós-
440 colheita constitui amplo efeito direto e até mesmo indireto, culminando na redução da
441 podridão, justificando o que foi observado nas diferentes pimentas no presente estudo.

442 Em observação da estrutura celular das pimentas ‘Dedo-de-moça’, ‘Biquinho’ e
443 ‘Malagueta’ pode-se reiterar o efeito direto dos Phi para a redução da antracnose, mostrada
444 pela melhor estruturação celular quando comparada ao tecido de pimenta que não receberam
445 tratamento e foram colonizadas pelo *C. scovillei*.

446 O pericarpo de *Capsicum* apresenta duas camadas subepidérmicas o colênquima e o
447 parênquima e no avanço da maturação observa-se células mais comprimidas (Dias et al.
448 2013), no entanto estruturadas. Desta forma, pode-se reiterar o efeito do cálcio e do boro no
449 tecido das pimentas após 48 e 144 h do tratamento com estes os sais e confronto com *C.*
450 *scovillei*, foram capazes de atuar sobre as células do tecido dos frutos, de forma que
451 apresentaram-se mais estruturando-os. Quando se observa tecidos mais estruturados, o mesmo
452 confere maior resistência ao desenvolvimento do fungo (Madani et al. 2016; Thomidis et al.
453 2017). Em mamões tratados com produto a base de Ca, o conteúdo do elemento concentrou-se
454 no fruto aumento da concentração de cálcio no tecido, exerceu manutenção da firmeza, a
455 redução no desenvolvimento de lesões e em nível microscópico pode-se observar que houve
456 aumento na espessura da parede celular. O teor de B em pêssego corroboram para qualidade
457 (Madani et al. 2016; Thomidis et al. 2017).

458 Diante dos resultados, pode-se verificar que a utilização dos fosfitos tem potencial
459 para o manejo integrado da antracnose, sem comprometer atributos de qualidade dos frutos e
460 ainda resultar na melhor resposta estrutural dos tecidos das pimentas à colonização de *C.*
461 *scovillei* e possivelmente de outros fungos associados à antracnose, em condições semelhantes
462 ao que foram empregadas.

463

464 **Agradecimentos**

465

466 Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela
467 concessão da bolsa de doutorado a Elizabeth R. Alexandre e a FACEPE pela bolsa BFT a
468 Adriana P. de Melo.

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491 **Referências**

- 492
- 493 Agrofit (2003) http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Acesso
494 em: 10 Nov. 2017.
- 495 Alexandre ER, Herculano LM, Silva JM, Oliveira SMA (2014) Fosfitos no manejo da
496 antracnose do jiló. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 49:930-938.
- 497 Ali A, Bordoh PK, Singh A, Siddiqui Y, Droby S (2016) Post-harvest development of
498 anthracnose in pepper (*Capsicum* spp): Etiology and management strategies. *Crop protection*
499 90:132-141, 2016
- 500 Araújo L, Valdebenito-Sanhueza RM, Stadnik MJ (2010) Avaliação de formulações de fosfito
501 de potássio sobre *Colletotrichum gloeosporioides* in vitro e no controle pós-infeccional da
502 mancha foliar de *Glomerella* em macieira. *Tropical plant pathology* 35:054-059.
- 503 Blum LEB, Amarante CVT, Dezanet A, Lima EB, Neto PH, Ávila RD, Siega V (2007)
504 Fosfitos aplicados em pós-colheita reduzem mofo-azul em maçãs ‘Fuji’ e ‘Gala’. *Revista*
505 *Brasileira de Fruticultura* 29:265-268
- 506 Carvalho AV, Maciel RA, Beckman JC, Poltronieri MC (2014) Caracterização de genótipos
507 de pimentas *Capsicum* spp. durante a maturação Brasília: Embrapa Hortaliças, 21 p. (Boletim
508 de pesquisa e desenvolvimento 90).
- 509 Cerioni L, Rapisarda VA, Doctor J, Fikkert S, Ruiz T, Fassel R, Smilanick JL. (2013) Use of
510 phosphite salts in laboratory and semicommercial tests to control citrus postharvest decay
511 *Plant Disease* 97:201-212
- 512 Damm U, Cannon PF, Woudenberg JHC, Crous P W (2012) The *Colletotrichum acutatum*
513 species complex. *Studies in Mycology* 73:37-113
- 514 Deliopoulos T, Kettlewell PS, Hare MC (2010) Fungal disease suppression by inorganic salts:
515 a review. *Crop Protection* 29:1059-1075.
- 516 Demartelaere ACF, Nascimento LC, Guimarães GHC, Silva JA, Luna RG (2017) Elicitors on
517 the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits. *Pesquisa agropecuária*
518 *tropical* 47:211-217.
- 519 Dias GB, Gomes VM, Moraes TM, Zottich UP, Rabelo GR, Carvalho AO, Moulin M,
520 Gonçalves LS, Rodrigues R, Da Cunha M (2013) Characterization of *Capsicum* species using
521 anatomical and molecular data. *Genetics and molecular research* 12:6488-6501

- 522 Embrapa. **Pós-colheita pimenta *Capsicum* spp.** 2007. Disponível em
523 http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/p
524 [rocessoamento.html#selecao](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/p)>. Acesso em: 21 Set de 2017.
- 525 Estrada-Ortiz E, Trejo-Téllez LI, Gómez-Merino FC, Núñez-Escobar R, Sandoval-Villa
526 (2013) Journal of Soil Science and Plant Nutrition 13:612-620
- 527 Fischer IH, Palharini MCA, Fileti MS, Nogueira Júnior AF, Parisi MCM (2016) Tratamentos
528 alternativos no controle da antracnose e sobre a qualidade de goiabas ‘Pedro Sato’. Summa
529 Phytopathologica 42:333-339.
- 530 Gómez-Merino FC, Tejo-Téllez LI (2015) Biostimulant activity of phosphite in horticulture.
531 Scientia Horticulturae 196:82-90.
- 532 Lee TD (2014) Effect of calcium and boron nutrition on grey mould of *Capsicum* (*Capsicum*
533 *annuum* L.) and fruit quality. Tese de doutorado, University of Adelaide. Adelaide, South
534 Australia, Australia.
- 535 Liu J., F.B. Dazzo, O. Glagoleva, B. Yu, A.K. Jain (2001) CMEIAS: A computer-aided
536 system for the image analysis of bacterial morphotypes in microbial communities. Microbial
537 Ecology 41(3): 173-194
- 538 Lopes LF, Cruz AF, Barreto MLA, Vasconcelos TMM, Blum LEB (2017) Post-harvest
539 treatment with Ca-phosphite reduces anthracnose without altering papaya fruit quality. The
540 Journal of Horticultural Science and Biotechnology,
541 [Doi.org/10.1080/14620316.2017.1361342](https://doi.org/10.1080/14620316.2017.1361342)
- 542 Madani B, Mirshekari, Yahia E (2016) Effect of calcium chloride treatments on calcium
543 content, anthracnose severity and antioxidant activity in papaya fruit during ambient storage.
544 Journal of the Science of Food and Agriculture 96: 2963–2968.
- 545 Mattos LM, Moretti CL, Henz GP (2007) **Protocolos de avaliação da qualidade química e**
546 **física das pimentas (*Capsicum* spp.)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. 9 p. (Comunicado
547 Técnico 50).
- 548 Molinaro EM, Caputo LFG, Amendoeiro MR (2010) **Conceitos e métodos para a formação**
549 **de profissionais em laboratórios de saúde**: volume 2, cap. 3.p89-174.
- 550 Ogoshi C, Abreu MS, Silva BM, Neto HS, Ribeiro Júnior PM, Resende MLV (2013)
551 Potassium phosphite: a promising product in the management of diseases caused by
552 *Colletotrichum gloeosporioides* in coffee plants. Bioscience Journal 29:1558-1565

- 553 Oliveira CVS, Matos KS, Albuquerque DMC, Hanada RE, Silva GF (2017) Identification of
554 *Colletotrichum* isolates from *Capsicum chinense* in Amazon. Genetics and Molecular
555 Research 26:1-10, 2017.
- 556 Palou L, Ali A, Fallik E, Romanazzi G (2016) GRAS, plant- and animal-derived compounds
557 as alternatives to conventional fungicides for the control of postharvest diseases of fresh
558 horticultural produce (2016) Postharvest Biology and Technology 122:41-52.
- 559 Pereira AVS, Martins RB, Michereff SJ, Silva MB, Câmara MPS (2012) Sensitivity of
560 *Lasiodiplodia theobromae* from Brazilian papaya orchards to MBC and DMI fungicides.
561 European Journal of Plant Pathology 132:489-498.
- 562 Pinto CMF, Pinto CLO, Donzeles SML (2013) Pimenta *Capsicum*: propriedades químicas,
563 nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio, Revista
564 Brasileira de Agropecuária Sustentável 3:108-120.
- 565 Saxena A, Raghuwanshi R, Gupta VK, Singh HB (2016) Chilli anthracnose: The
566 epidemiology and management Frontiers in microbiology 7:1-18.
- 567 Shi X, Li B, Qin G, Tian S (2012) Mechanism of antifungal action of borate against
568 *Colletotrichum gloeosporioides* related to mitochondrial degradation in spores Postharvest
569 Biology and Technology, 67:138-143.
- 570 Silva JRA, Chaves TP, Silva ARG, Barbosa LF, Costa JFO, Ramos-Sobrinho R, Teixeira
571 RRO, Silva SJC, Lima GSA, Assunção IP (2017) Molecular and morpho-cultural
572 characterization of *Colletotrichum* spp. Associated with anthracnose on *Capsicum* spp. in
573 northeastern Brazil Tropical Plant Pathology 42:315-319.
- 574 Talibi I, Boubaker H, Boudyach EH, Aoumar AAB (2014) Alternative methods for the
575 control of postharvest citrus diseases. Journal of Applied Microbiology 117:1-17
- 576 Thomidis T, Exadaktylou (2010) Effect of boron on the development of brown rot (*Monilinia*
577 *laxa*) on peaches. Crop protection 29:572-576
- 578 Thomidis T, Karagiannidis N, Stefanou S, Paresidou M, Profromou I (2017) Influence of
579 boron applications on preharvest and postharvest nectarine fruit caused by brown rot.
580 Australasian Plant Pathology 46:177-181
- 581 Topuz A, Ozdemir F. Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition
582 of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey. Journal of Food
583 Composition and Analysis, 20: 596–602, 2007.
- 584 Torres MA, Jones JDG, Dangl JL (2006) Update on reactive oxygen species in plant
585 pathology. Plant Physiology 141:373–37

586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607

Tabela 1. Inibição do crescimento micelial de *Colletotrichum scovillei* por fosfitos

ISOLADOS (origem)	ICM Phi Ca CE ₅₀ (g. i.a L ⁻¹)	ICM Phi CaB CE ₅₀ (g. i.a L ⁻¹)	ICM Phi Cu CE ₅₀ (g. i.a L ⁻¹)	ICM Phi K CE ₅₀ (g. i.a L ⁻¹)
<i>C. scovillei</i> (PE)	0,63 a*(± 0.05)	2,73 f (± 0.16)	3,29 e (± 0.444)	0,57 cde (± 0.02)
<i>C. scovillei</i> (PE)	0,88 bc(± 0.05)	2,45 f (± 0.13)	2,57 de (±0.216)	0,62 cd(±0.010)
<i>C. scovillei</i> (CE)	1,35 de (± 0.07)	0,73 bc (± 0.04)	0,99 b(± 0.049)	0,24 g(±0.012)
<i>C. scovillei</i> (SE)	1,20 cd (± 0.04)	0,84 c (± 0.02)	2,30 de (±0.126)	0,56 de(± 0.03)
<i>C. scovillei</i> (AL)	2,11 e (± 0.03)	0,65 ab (± 0.05)	0,89 ab (±0.002)	0,39f(± 0.02)
<i>C. scovillei</i> (RN)	0,90 c (± 0.02)	0,90 cd (± 0.01)	1,14 bc (±0.045)	0,47ef(± 0.03)
<i>C. scovillei</i> (CE)	1,34 de (± 0.05)	1,17 de (± 0.04)	1,58 cd (±0.115)	0,70bc(± 0.03)
<i>C. scovillei</i> (PB)	0,69 ab (± 0.04)	0,59 a (± 0.01)	1,10 bc (±0.250)	0,80b(± 0.01)
<i>C. scovillei</i> (AL)	1,12 cd (± 0.07)	0,74 bc (± 0.02)	0,64 a(± 0.105)	0,65cd (± 0.02)
<i>C. scovillei</i> (SE)	2,36 e (± 0.16)	1,24 e (± 0.06)	1,14 bc (±0.108)	0,95 a (± 0.05)
C.V %	14.13	10.57	9.57	8.77
p-valor	≤ 0.001	≤ 0.001	≤ 0.001	≤ 0.001

*Média seguida de letras iguais na coluna não difere entre si pelo teste de Tukey (p≤0.05). ^YErro padrão. Phi Ca = Fosfito de cálcio; Phi CaB = Fosfito de cálcio+boro; Phi K = Fosfito de potássio; Phi Cu – Fosfito de cobre.

608 **Tabela 2.** Atributos físico-químicos de pimenta ‘Biquinho’ após tratamento com os fosfitos (Phi) e armazenadas em pós-colheita

609

Tratamentos	SST (°Brix)			pH			AT g. ácido cítrico/100 g ⁻¹ de polpa			SST/AT			Ácido ascórbico mg.100g ⁻¹ de polpa		
	E ¹	E ²	E ³	E ¹	E ²	E ³	E ¹	E ²	E ³	E ¹	E ²	E ³	E ¹	E ²	F ³
Phi Ca 1%	15 ^{n.s}	19 a*	12 ^{n.s}	4,95 ab	4,87 c	5,39 bc	0,127 ab	0,23 a	0,2 a	117,21 ab	79,39 a	58,98ab	71,18 ab	71,18 ab	79,93 ab
Phi Ca 0,5%	15	12 b	10	4,95 ab	4,94 bc	5,45 ab	0,25 a	0,25 a	0,21 a	58,61 c	48,79 b	49,3ab	70,61 ab	76,88 ab	78,09 ab
Phi K 1%	12	18 ab	10	4,7 ab	5,00 abc	5,47 ab	0,127 ab	0,32 a	0,19 a	101,58abc	55,5ab	53,2ab	79,9 a	79,99 a	79,99 a
Phi K 0,5%	8	12 ab	10	4,88 b	5,06 ab	5,7 a	0,127 ab	0,29 a	0,19 a	93,77 abc	40,54 b	53,4ab	79,6 a	79,54 ab	79,5 ab
Phi CaB 1%	12	15 ab	10	4,67 ab	5,24 a	5,41 bc	0,11 b	0,22 a	0,19 a	107,83abc	67,99ab	52,62ab	71,19 ab	71,18 ab	74,92 ab
Phi CaB 0,5%	13	12 ab	10	4,75 b	5,05 abc	5,7 a	0,11 b	0,23 a	0,17 a	107,83abc	51,62ab	60,5ab	70,61 ab	70,61 ab	70,6 b
Phi Cu 1%	8	15 ab	10	5,06 ab	5,04 abc	5,47 ab	0,13 ab	0,22 a	0,23 a	60,24 bc	67,98ab	49,5 b	62,4 b	62,38 b	72,39 ab
Phi Cu 0,5%	8	8 b	10	4,82 a	4,97 abc	5,63 ab	0,127 ab	0,3 a	0,22 a	62,51 bc	26,3 b	45,81 b	62,4 b	64,91 b	77,33 ab
Phi -	12	12 ab	10	4,75 ab	4,98 abc	5,61 ab	0,10 b	0,25 a	0,2 a	140,93 a	55,03ab	51,4 ab	62,13 b	62 b	77,26 ab
Test Abs	15	15 ab	15	4,87 ab	4,87 c	4,87 c	0,127 ab	0,21 a	0,21 a	117,68 ab	70,61ab	70,61 a	77,71	77,71 ab	77,71 ab
p-valor	-	≤0.001	-	0.005	≤0.001	≤0.001	0.006	0.008	0.04	≤0.001	≤0.001	0.002	≤0.001	≤0.001	≤0.001

610 *Médias de quatro repetições com letras iguais na coluna não são diferentes pelo teste de Kruskal-wallis ($p \leq 0,05$).^{1,2,3} E- experimentos repetidos.

611 Phi Ca = Fosfito de cálcio; Phi CaB = Fosfito de cálcio+boro; Phi K = Fosfito de potássio; Phi Cu – Fosfito de cobre, Phi- Testemunha.

612

613

614

615

616

617

618 **Tabela 3.** Coloração de pimenta ‘Biquinho’ após tratamento com os diferentes fosfitos (Phi) em pós-colheita

Tratamentos	L ¹	L ²	L ³	a ¹	a ²	a ³	b ¹	b ²	b ³
Phi K 1%	37,8 ^{n.s}	36,74 ^{n.s}	36,74 ^{n.s}	44,24 ^{n.s}	49,23 ab*	47,32 cd	21,92 ab	20,68 a	20,67 ab
Phi K 0,5%	37,85	37,17	37,66	46,22	47,32 abc	44,11 d	21,69 ab	22,06 a	22,06 b
Phi Ca 1%	38,17	37,67	37,67	46,84	50,66 a	50,56 a	21,01 ab	21,42 a	21,42 b
Phi Ca 0,5%	n.a	37,71	37,71	n.a	47,44 abc	47,44 cd	n.a	24,13 a	24,12 a
Phi CaB 1%	35,55	37,73	37,73	45,85	47,80 bc	47,8 bcd	23,36 ab	22,25 a	22,25 ab
Phi CaB0,5%	38,25	37,92	37,93	44,51	48,29 abc	48,29 abc	21,65 ab	22,09 a	22,09 ab
Phi Cu 1%	37,68	37,85	37,86	47,28	44,11 c	44,61cd	20,41 b	21,60 a	21,6 ab
Phi Cu 0,5%	37,83	37,95	37,95	43,96	44,61 bc	49,23a	22 ab	21,79 a	21,79 ab
Phi -	37,43	37,17	37,17	44,53	48,81 abc	48,81 ab	22 ab	2074 a	20,75 ab
Test Absol.	37,67	36,79	36,79	46,03	48,17 ab	48,16 abcd	23,4 a	20,63 a	20,63 b
p-valor	p=0.75	p=0.50	p=0.15	p=0.14	p≤0.001	p≤0.001	p=0.027	p=0.03	p≤0.001

619 *Medias de quatro repetições com letras iguais na coluna não são diferentes pelo teste de Kruskal-wallis ($p \leq 0,05$). ^{1,2,3} experimentos repetidos.

620 Phi Ca = Fosfito de cálcio; Phi CaB = Fosfito de cálcio+boro; Phi K = Fosfito de potássio; Phi Cu – Fosfito de cobre, Phi- Testemunha.

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631 **Tabela 4.** Atributos físico-químicos de pimenta ‘Dedo-de-moça’ após tratamento com os fosfitos (Phi) e mantidas sob armazenamento pós-
632 colheita.

Tratamento	AT g. ácido cítrico/100 g ⁻¹ de polpa			pH			SST (°Brix)			SST/AT			Ácido ascórbico mg.100g ⁻¹ de polpa		
	E ¹	E ²	E ³	E ¹	E ²	E ³	E ¹	E ²	E ³	E ¹	E ²	E ³	E ¹	E ²	E ³
Phi Ca 0.5%	0,16c*	0,22ab	0,21a	5,4abc	5,03ab	5,74ab	17,5 ^{n.s}	20 ^{n.s}	12,5	107,38ab	21,85ab	58,58d	118,75ab	109,25ab	109,2ab
Phi Ca1.0%	0,28ab	0,18bc	0,19a	5,4abc	4,92bc	5,11c	25	25	21,5	88,72bcd	21,37ab	113,2ab	135,75ab	106,88ab	104,5ab
Phi K 0.5%	0,19bc	0,15 c	0,21a	5,11 c	4,99abc	5,51abc	17,5	22,5	17,5	93,06abc	28,5 a	82,0bcd	142,50ab	142,5 a	123,5a
Phi K 1.0%	0,26ab	0,26 a	0,19a	5,47ab	4,99abc	5,42bc	16	21	17,5	62,69 de	26,12b	91,16bc	156,75a	130,63ab	123,5a
Phi Cu 0.5%	0,31 a	0,27 a	0,18a	5,25ac	5,01abc	5,85a	15	22,5	13,5	49,34 e	20,9ab	74,72cd	92,63b	104,50ab	92,63b
Phi Cu 1.0%	0,29 a	0,25ab	0,16a	5,59 a	4,9 c	5,68abc	19	20	17,5	64,86cde	19,47b	109,5ab	90,25b	97,38b	104,5ab
Phi-	0,19bc	0,16bc	0,17a	5,13bc	5,22 a	5,46abc	22,5	21	22,5	119,65a	22,8ab	132,0a	104,5ab	114,0ab	118,75ab
p-valor	≤0.001	≤0.001	0.03	≤0.001	≤0.001	≤0.001	-	-	-	≤0.001	0.0014	≤0.001	0.0013	0.0076	0.003

633 *Médias de quatro repetições seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Kruskal-wallis ($p \leq 0,05$). E^{1,2,3} experimentos
634 repetidos. Phi Ca = Fosfito de cálcio; Phi CaB = Fosfito de cálcio+boro; Phi K = Fosfito de potássio; Phi Cu – Fosfito de cobre, Phi- Testemunha
635

636 **Tabela 5.** Coloração de pimenta ‘Dedo-de-moça’ após tratamento com os diferentes fosfitos (Phi) em pós-colheita

Tratamento	L ¹	L ²	L ³	a ¹	a ²	a ³	b ¹	b ²	b ³
Phi Ca 0.5%	32,63±0,15ab	31,54±0,28 a	31,54±0,2 a	43,63±0,46 a	45,08±0,57 a	43,34±0,5 ab	13,33±0,28 a	12,50±0,37 b	12,50±0,4ab
Phi Ca1.0%	32,83±0,16ab	32,1±0,25 a	31,96±0,25 a	42,90±0,42 a	44,68±0,39ab	42,17±0,53 ab	13,43±0,35 a	12,89±0,37ab	12,42±0,43ab
Phi K 0.5%	32,06±0,21 c	31,42±0,33 a	32,04±0,2 a	42,15±0,60 a	42,69±0,57bc	42,07±0,4abc	12,24±0,39 a	12,43±0,43 b	12,11±0,35 b
Phi K 1.0%	32,0±0,22 c	32,25±0,19 a	32,39±0,19 a	44,36±0,35 a	44,09±0,48ab	41,46±0,59abc	13,67±0,37 a	12,20±0,36 b	11,37±0,35 b
Phi Cu 0.5%	32,88±0,22bc	32,58±0,18 a	31,99±0,18 a	42,80±0,55 a	43,78±0,40ab	41,10±0,4bc	13,00±0,35 a	14,02±0,37 a	12,72±0,38ab
Phi Cu 1.0%	31,94±0,22 c	35,18±3,4 a	32,58±0,25 a	44,04±0,43 a	41,10±0,49 c	41,12±0,73 c	12,90±0,32 a	13,34±0,47ab	12,74±0,49ab
Phi-	33,11±0,19 a	32,46±0,29 a	32,66±0,25 a	43,15±0,50 a	44,33±0,44ab	43,27±0,25 a	12,05±0,48 a	12,98±0,32ab	14,07±0,39 a
Test Absoluta		32,31			44,89			12,93	
p-valor	≤0.001	0.0076	0.14	0.09	≤0.001	≤0.001	0.10	0.0024	≤0.001

637 *Médias de quatro repetições seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Kruskal-wallis ($p \leq 0,05$). E^{1,2,3} experimentos
 638 repetidos. Phi Ca = Fosfito de cálcio; Phi CaB = Fosfito de cálcio+boro; Phi K = Fosfito de potássio; Phi Cu – Fosfito de cobre. Phi- Testemunha
 639

640 **Tabela 6.** Atributos físico-químicos de pimenta ‘De Cheiro’ após tratamento com os fosfitos (Phi) e mantidas sob armazenamento pós-colheita.

Tratamentos	pH			AT g. ácido cítrico. 100 g ⁻¹ de polpa			ST/AT			ST (°Brix)			Ácido ascórbico mg. 100g ¹ de polpa		
	E ¹	E ²	E ³	E ¹	E ²	E ³	E ¹	E ²	E ³	E ¹	E ²	E ³	E ¹	E ²	E ³
Phi Ca 0.5%	5,16abc*	5,2ab	5,29c	0,14ab	0,18 a	0,13ab	69,55 ab	55,02 b	76,36ab	10 ^{n.s}	10 ^{n.s}	10 ^{n.s}	45,12ab	57 ab	70,0a
Phi Ca 1.0%	5,11bc	4,6ab	5,37b	0,14ab	0,08 b	0,08ab	71,33 ab	97,67 a	119,38a	10	8	10	43,93ab	53,4ab	65,3a
Phi K 0.5%	5,09 c	5,17ab	5,39ab	0,12 b	0,14ab	0,08ab	80,31 a	71,29 ab	85,47ab	10	10	7	66,5ab	64,1ab	61,7a
Phi K 1.0%	5,24 a	4,99b	5,21d	0,13ab	0,17 a	0,06 b	76,36 ab	56,39 b	109,4 a	10	10	7	78,37a	65,3a	67,7a
Phi CaB0,5%	5,21 ab	5,01ab	5,34bc	0,11ab	0,11ab	0,13ab	90,07 a	86,13 ab	74,56ab	10	10	10	40,37b	49,8ab	55,8a
Phi CaB1,0%	5,19abc	5,15ab	5,34bc	0,29 a	0,13ab	0,16 a	34,13 b	76,75 ab	56,35 b	10	10	9	45,12ab	47,5 b	64,1a
Phi-	5,13cde	5,21a	5,44a	0,13ab	0,14ab	0,15 a	75,27 ab	68,37 ab	65,57ab	10	10	10	67,68ab	62,9ab	67,6a
p-valor	0.001	0.001	0.001	0.002	0.006	≤0.001	≤0.001	0.002	≤0.001	-	-	-	0.001	0.005	0.08

641

642 *Médias de quatro repetições seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Kruskal-wallis ($p \leq 0,05$). E^{1,2,3} experimentos
 643 repetidos. Phi Ca = Fosfito de cálcio; Phi CaB = Fosfito de cálcio+boro; Phi K = Fosfito de potássio; Phi Cu – Fosfito de cobre. Phi- Testemunha
 644

645

646

647

648

649

650 **Tabela 7.** Coloração de pimenta ‘De Cheiro’ após tratamento com os diferentes fosfitos (Phi) em pós-colheita

Tratamentos	L ¹	L ²	L ³	a ¹	a ²	a ³	b ¹	b ²	b ³
Phi Ca 1%	66,7±0,68 a*	67,89±0,84 a	68,16±0,8 a	5,07±0,54a	4,08±0,7a	5,12±0,63 a	34,16±0,88a	32,84±1,1ab	33,04 ±1,05a
Phi Ca 0,5%	66,3 ±0,77 a	68,41±0,76 a	67,96±0,85 a	5,82±0,56a	6,29±0,64 a	5,74±0,70 a	35,13±0,93a	35,23±1,05ab	33,68 ±0,85a
Phi CaB 1%	64,16±1,2 a	66,46±0,71 a	65,76±0,91 a	3,97±0,4a	6,31±1,24a	5,55±0,60 a	35,06±1,18a	33,63±1,01ab	33,02±0,80a
PhiCaB 0,5%	66,04±0,95 a	67,46±0,89 a	66,74±0,95 a	4,9±0,55a	7,92±2,18a	5,38±0,57 a	33,36±0,84a	34,73±0,83ab	34,21 ±0,68a
Phi K 1%	68,40±0,8 a	68,34±0,92 a	67,09±0,91 a	5,34±0,62a	7,54±0,99 a	5,65±0,69 a	34,63±0,92a	31,23±0,93b	33,65±1,01a
Phi K 0,5%	68,40±0,82 a	65,72±0,84 a	67,84±0,86 a	5,87±0,67a	6,43±0,43a	5,36±0,59 a	32,83±0,96a	36,46±0,74 a	33,02±0,89a
Phi -	66,54±0,63 a	66,65±0,95 a	66,21±0,69 a	4,33±0,46a	5,41±0,57 a	3,66±0,47 a	33,11±0,87a	34,16±0,88ab	28,86±1,25a
p-valor	0,06	0,20	0,55	0,22	0,058	0,31	0,4	0,008	0,11

651

652 *Médias de quatro repetições seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Kruskal-wallis ($p \leq 0,05$).^{1,2,3} experimentos

653 repetidos. Phi Ca = Fosfito de cálcio; Phi CaB = Fosfito de cálcio+boro; Phi K = Fosfito de potássio; Phi Cu – Fosfito de cobre. Phi- Testemunha

654

655 **Tabela 8.** Atributos físico-químicos de pimenta ‘Malagueta’ após tratamento com os fosfitos (Phi) e mantidas sob armazenamento pós-colhe

Fosfitos	pH				AT g. ácido cítrico/100 g ⁻¹ de polpa				ST (°Brix)				ST/AT				Ácido ascórbico mg.100g ⁻¹ de polpa			
	E ¹	E ²	E ³	E ⁴	E ¹	E ²	E ³	E ⁴	E ¹	E ²	E ³	E ⁴	E ¹	E ²	E ³	E ⁴	E ¹	E ²	E ³	E ⁴
PhiCa0,5%	5,76 a*	5,92 ab	5,23 bc	5,62 ab	0,13 ab	0,14 a	0,06 b	0,12 a	5,5	5,5	6	5,5	42 ab	39,07 bc	93,76 a	42,97 ab	78,35 b	83,1 abc	57 b	82,6 ab
PhiCa1,0%	5,43 abc	5,64 ab	5,78 a	4,92 bc	0,12 b	0,14 a	0,08 a	0,12 b	6	6,5	6,5	5,5	49,48 a	46,17 abc	74,07 ab	45,36 ab	118,7 5a	68,85 c	71,25 ab	92,6 ab
PhiK0,5%	5,18 bc	5,39 ab	5,24 abc	5,95 a	0,15a b	0,13 a	0,14 a	0,15 ab	5,5	9	5,5	6	36,32 ab	67,13 a	39,39 c	39,62 ab	83,1 ab	142,5 a	121 a	99,7 5ab
PhiK1,0%	5,55 ab	5,28 c	5,28 abc	5,18a bc	0,18 a	0,14 a	0,11 ab	0,17 a	6	6	6	6	35,16 b	40,98 abc	51,35 abc	35, 16 b	106,8 5ab	76 bc	87,85a b	97,3 5ab
PhiCu0,5%	5,40 abc	5,98 a	5,33 abc	5,01a bc	0,17 ab	0,13 a	0,1 ab	0,14 ab	5,5	5,5	6	6	30,07 ab	41,02 abc	55,35 abc	42,62 ab	76 b	80,75 abc	61,75a b	80,7 5b
PhiCu1,0%	4,90 c	5,67 abc	5,74 ab	4,9 c	0,15 ab	0,14 a	0,12 a	0,13a b	5,5	6	6	7	36,62 b	37,60 c	46,88 bc	51,17 a	92,6a b	90,25 abc	57 b	92,6 ab

Phi-	5,42 abc	5,52 abc	5,2 c	5,31a bc	0,14 ab	0,16 a	0,1 ab	0,14a b	6	10	6	5,5	41,91 ab	62,61 ab	58,6a bc	38,41 ab	114 ab	121,1 ab	95 ab	114 a
p-valor	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	0,005	-	-	-	-	0,004	≤ 0,01	≤ 0,01	0,002	≤ 0,01	≤ 0,01	0,009	0,02

656 *Médias de quatro repetições seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Kruskal-wallis ($p \leq 0,05$). E^{1,2,3,4} experimentos
657 repetidos. Phi Ca = Fosfito de cálcio; Phi CaB = Fosfito de cálcio+boro; Phi K = Fosfito de potássio; Phi Cu – Fosfito de cobre. Phi-
658 Testemunha.

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674 **Tabela 9.** Coloração de pimenta ‘Malagueta’ após tratamento com os diferentes fosfitos (Phi) em pós-colheita

675

676

	677											
Fosfitos	L¹	a¹	b¹	L²	a²	b²	L³	a³	b³	L⁴	a⁴	b⁴
Phi Cu 0.5%	37,88 a*	50,84 a	21,24 a	37,12 ab	44,97 a	20,22 a	36,99 a	46,13 a	20,92 a	33,3 bc	31,74 b	14,9 cd
Phi Cu 1.0%	36,81 ab	41,3 b	19,36 ab	34,44 de	28,93 de	15,66 bc	35,27cb	38,89 b	18,53 b	33,11 c	32,09 b	16,24 bc
Phi Ca 0.5%	35,32 d	36,15 c	15,88 d	37,23 a	40,77 b	22,3 a	34,47 bcd	33,24 cd	18,94 ab	36,15 a	46,58 a	21,21 a
Phi Ca 1.0%	36,52 bc	30,16 d	17,14 cd	34,11 e	26,34 e	15,24 c	33,71 cd	36,33 bc	16,11 c	34,41 bc	35 b	17,01 d
Phi K 0.5%	35,66 cd	36,07 c	19,43 ab	33,81 e	30,15 de	20,44 a	33,34 de	30,08 d	18,42 b	32,97 c	33,37 b	16,29 b
Phi K 1.0%	33,15 e	37,41 bc	18,75 bc	35,56 cd	31,17 d	18,65 abc	32,36 e	35,52 cd	20,44 ab	32,97 bc	35,32 b	17,77 cd
Phi-	36,21bcd	26,43 d	19,12 b	36 bc	35,76 c	19,3 ab	34,81 bc	24,56 e	15,53 c	33,57 b	24,16 c	17,52 cd
Test Absoluta	L*= 35,5; * b= 35,2 b*= 15,5											
p-valor	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01	0.0042	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01

685

686

687

688

689

690 *Médias de quatro repetições seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Kruskal-wallis ($p \leq 0,05$).^{1,2,3,4} experimentos
 691 repetidos. Phi Ca = Fosfito de cálcio; Phi CaB = Fosfito de cálcio+boro; Phi K = Fosfito de potássio; Phi Cu – Fosfito de cobre. Phi- Testemunha

692

693

694

695

696

697

698 **Tabela 10.** Teores médios de elementos em tecido da carposfera de pimenta ‘De Cheiro’ após tratamento com fosfitos para o controle da
699 antracnose pós-colheita

700				
Fosfitos (Phi)	Na (ppm)	K (g Kg ⁻¹)	Ca (g Kg ⁻¹)	B (mg Kg ⁻¹)
Phi CaB 0,5%	2,36 (± 0,03) ^y bc*	32,13(±0,4) b*	1,65 (± 0,3)ab	59,63(± 3,8)bc
Phi CaB 1%	2,60 (±0,2) b	44,06 (±0,8) a	5,16 (± 0,2) a	63,21(±1,0)abc
Phi Ca 1%	1,00 (±0,1) f	20,00 (±0,8) g	1,23(±0,007)ab	53,4 (±3,4) cde
Phi- CP_01	3,10 (±0,03) a	31,06 (±0,5)bc	1,92(±0,03) ab	33,03(±1,1)g
Phi CaB 0,5%	2,53 (±0,03) b	32,06 (±0,6) b	2,44 (±0,03)ab	54,9(±2,4)bcd
Phi CaB 1%	1,70 (±0,03) de	14,01 (±0,4) h	0,71 (±0,04) b	63,88(± 0,9)ab
Phi Ca 1%	1,66 (±0,06)de	33,33 (±0,5) b	2,02 (±0,06) ab	56,8(±0,1)bc ⁵
Phi- CP_02	1,67 (±0,13) de	27,63 (±0,3) de	5,31 (± 0,3) a	44,66 (±2,1)ef
Phi CaB 0,5%	1,37 (±0,08) ef	22,86 (±0,5) f	1,50 (±0,04) ab	69,36(± 0,9) a
Phi CaB 1%	1,50 (±0,1) de	25,27 (±0,5) ef	1,19 (± 0,13)ab	55,6(±1,1)cd
Phi Ca 1%	2,23 (±0,03) bc	23,44 (±0,5) f	4,67 (± 0,3) ab	54,4(±0,6) bcd
Phi- CP_03	2,20 (±0,05) bc	19,29 (±0,3) g	1,03(±0,003)ab	50,63(±1,3)cd ⁸
CP_01	3,16 (±0,03) a	29,15 (±0,2) cd	4,27(± 0,1) ab	38,0 (± 1,2)fg
CP_02	1,56 (±0,06) de	26,69 (±0,2) de	5,14 (± 0,4) a	44,13(±0,7) ef
CP_03	1,90 (±0,06) cd	18,80 (±0,2) g	0,96 (±0,03) ab	48,8(± 2,3)de
Test ABS	2.20 (±0,1) bc	26.29 (±0,4) e	2,48(±0,06) ab	56,2(± 1,1)bcd
p-valor	≤ 0,001	≤ 0,001	≤ 0,001	≤ 0,001 ¹¹

712

713 *Médias de três repetições seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).^y Erro padrão. Phi Ca = Fosfito
714 de cálcio; Phi CaB = Fosfito de cálcio+bório; Phi K = Fosfito de potássio; Phi Cu – Fosfito de cobre. Phi- Testemunha inoculada. CP= *C.*
715 *truncatum* (CP_01), *C. scovillei* (CP_02) e *C. tamarilloi* (CP_03)

716

717

718

719 **Tabela 11.** Teores médios dos elementos Ca, K, B, Cu e Na em tecido da carposfera de pimenta ‘Dedo-de-moça’ após tratamento com fosfitos

Fosfitos (Phi)	Na (ppm)	K (g Kg ⁻¹)	Ca (g Kg ⁻¹)	B (mg Kg ⁻¹)
Phi Ca 0.5%	0,86 (±0,08) b	19,19 (±1,61) h	4,22±0,42 ab	-
Phi K 1%	1,76 (±0,18) a	43,39 (±0,91) b	2,74±0,16 ab	-
Phi K 0.5%	1,46 (±0,21) a	32,58 (±1,83)d	2,17±0,02 ab	-
Phi CaB 1%	0,83 (±0,14) b	24,31 (±0,75) f	3,71±0,18 ab	13,18 (± 1,4) ab
Phi CaB 0.5%	1,40 (±0,26) b	21,50 (±0,66) g	3,62±0,08 ab	11,05 (±0,51) bc
Phi- CP_01	1,03 (±0,24) b	26,25(±0,80) f	3,86±0,08 ab	8,36 (±0,5) cd
Phi Ca 0.5%	1,40(±0,1) b	39,69 (±0,24) b	5,61±0,19 a	-
Phi K1%	1,47(±0,23) a	42,68 (±1,24) b	2,6±0,31 ab	-
Phi K0.5%	1,27(±0,16) b	40,68 (±0,95) b	4,69±0,19 ab	-
Phi CaB 1%	1,33(±0,12) b	38,32 (±1,04) c	2,87±0,48 ab	16,42 (±1,15) a
Phi CaB 0.5%	1,47(±0,08) a	37,63(±1,22) c	3,55±0,23 ab	7,81 (±1,05) cd
Phi- CP_02	1,07(±0,12) b	35,01(±0,28) d	2,14±0,54 ab	8,2 (±0,40) cd
Phi Ca 1%	1,30(±0,2) b	42,78(±0,72) b	1,57±0,24 ab	-
Phi Ca0.5%	1,17(±0,29) b	24,31 (±0,60) f	2,71±0,33 ab	-
Phi CaB 1%	1,67(±0,08) a	19,96 (±0,07) h	1,81±0,23 ab	14,87 (±0,56) a
Phi K 1%	1,70(±0,28) a	52, 90 (±0,05) a	1,89±0,04 ab	-
Phi- CP_03	1,17(±0,13) b	23,42 (±0,29) g	0,8±0,31 b	8,37 (±0,5) d
Phi Ca 1%	1,60(±0,20) a	31,12 (±0,52) e	1,45±0,19 ab	-
Phi Ca0.5%	1,07(±0,12) b	30,25 (±3,13) e	2,42±0,29 ab	-
Phi K 1%	1,50(±0,08) a	42,78(±0,90) b	1,95±0,08 ab	-
Phi K 0.5%	1,40(±0,05) b	45,88 (±1,33) b	3,59±0,46 ab	-
Phi CaB 1%	1,60(±0,05) a	40,71 (±1,13) b	2,75±0,25 ab	13,44 (±0,39) ab
Phi- CP_01	1,93(±0,03) a	27,28 (±0,12) f	0,84±0,79 b	-
Phi Ca 1%	1,67(±0,2) a	31,19 (±3,23) e	5,8±0,91 a	-
Phi K 1%	1,30(±0,02) b	36,80 (±0,16) c	4,14±0,52 ab	-
Phi- CP_02	1,80(±0,13) a	21,86 (±0,19) g	3,43±0,22 ab	4,98 (±0,43) d
Phi Ca 1%	1,17(±0,06) b	18,77 (±2,57) h	2,39±0,42 ab	-
Phi Ca0.5%	1,33(±0,08) b	18,79 (±0,96) h	1,23±0,33 ab	-
Phi K 1%	1,57(±0,03) a	33,75 (±1,37) d	1,09±0,04 ab	-

Phi K 0.5%	1,70 ($\pm 0,05$) a	30,57 ($\pm 0,12$) e	1,14 $\pm 0,02$ ab	-
Phi- CP_03	1,67($\pm 0,18$) a	16, 11 ($\pm 0,79$) h	1,62 $\pm 0,14$ ab	-
Phi K 1%	1,67 ($\pm 0,06$)a	29,58 ($\pm 2,23$) e	1,08 $\pm 0,17$ ab	-
Phi K 0.5%	1,93($\pm 0,03$) a	26,26 ($\pm 0,43$) f	1,11 $\pm 0,05$ ab	-
Phi- CP_02	1,63($\pm 0,08$) a	23,63 ($\pm 2,97$) g	2,46 $\pm 0,37$ ab	-
Test ABS	1,77($\pm 0,12$) a	28,13 ($\pm 0,45$) e	3,44 $\pm 0,24$ ab	12,70 ($\pm 0,43$) ab
p-valor	≤ 0.001	≤ 0.001	≤ 0.001	≤ 0.001

720 *Médias de três repetições seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ($p \leq 0,05$).^y Erro padrão. Phi Ca =
721 Fosfito de cálcio; Phi CaB = Fosfito de cálcio+boro; Phi K = Fosfito de potássio; Phi Cu – Fosfito de cobre. Phi- Testemunha inoculada. CP= *C.*
722 *truncatum* (CP_01), *C. scovillei* (CP_02) e *C. tamarilloi* (CP_03)

723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743

744

745 **Tabela 12.** Teores médios dos elementos Ca, K, B, Cu e Na em tecido da carposfera de pimenta ‘Biquinho’ após tratamento com fosfitos.

Fosfitos (Phi)	Na (ppm)	K (g Kg ⁻¹)	Ca (g Kg ⁻¹)	B (mg Kg ⁻¹)	
Phi Ca 1%	2.6 ^{n.s}	34,03± 0,82bcd	3,53±0,01 fgh	-	747
Phi Ca 0.5%	1.7	34,45 ±0,49 bcd	3,79± 0,01cde	-	748
Phi K 1%	2.1	38,42 ±0,23 ab	3,61±0,01efgh	-	749
Phi K 0.5%	2.2	36,01 ± 0,14abc	3,31±0,06 i	-	750
Phi CaB 1%	2.5	32,19 ±0,61bcde	3,60±0,04efgh	59,9 ± 2,25 ab	751
Phi CaB 0.5%	2.5	32,43 ±0,58bcde	3,63±0,03defg	63,25± 2,17 a	752
Phi – CP_01	2.3	24,53 ± 2,2f	3,42± 0,04 hi	20,08 ± 0,31 a	753
Phi Ca 1%	2.1	30,75 ±2,4 cdef	3,61±0,03efgh	-	754
Phi Ca 0.5%	3.3	31,58± 0,72 cde	3,69±0,03 cdef	-	755
Phi K1%	1.8	38,26± 1,0 ab	3,05±0,02 j	-	756
Phi K0.5%	1.5	35,95 ±1,1 abc	3,44± 0,05 ghi	-	757
Phi- CP_02	2.6	29,24 ± 0,92 def	3,27±0,04 i	-	758
Phi K 1%	3.1	40,94 ± 0,13 a	3,89±0,01 bc		759
Phi K 0.5%	2.5	41,02 ± 1,09 a	3,82 ±0,05 cd		760
Phi CaB 1%	1.5	37,93 ± 0,22 ab	3,42±0,05 hi	54,67 ±1,27 ab	761
Phi CaB 0.5%	2.3	36,13 ± 0,17 abc	4,08±0,02 ab	63,56 ± 1,18 a	762
Phi Ca 1%	2.7	35,52 ± 1,62 abc	4,16 ±0,04 a	-	763
Phi – CP_03	2.2	27,66 ± 2,4 ef	3,7±0,04 cdef	15,41 ± 1,11 b	764
Test ABS	2.0	38,10 ± 0,36 ab	3,81±0,02 cd	17,77±0,34 ab	765
p-valor	0.25	≤0.001	≤0.001	≤0.001	766

767 *Médias de três repetições seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).^y Erro padrão. Phi Ca = Fosfito
768 de cálcio; Phi CaB = Fosfito de cálcio+bório; Phi K = Fosfito de potássio; Phi Cu – Fosfito de cobre. Phi- Testemunha inoculada. CP= *C.*
769 *truncatum* (CP_01), *C. scovillei* (CP_02) e *C. tamarilloi* (CP_03)

770

771

772 **Tabela 13.** Teores médios dos elementos Ca, K, B, Cu e Na em tecido da carposfera de pimenta ‘Malagueta’ após tratamento com fosfitos para o
773 controle da antracnose pós-colheita por *C. scovillei* (CP_02).

Fosfitos (Phi)	Na (ppm)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	B (mg Kg ⁻¹)	Cu (mg Kg ⁻¹)
Phi - CP_02	9,03(±0,06)ab	19,09(±0,5) e	1,45(±0,13) b	28,98(±1,2)c	10,6(± 0,5) b
Phi Cu 1%	8,53(±0,03)cd	22,37(±0,3) e	2,6 (±0,17)ab	- ^{n.d}	18,5 (±2,4) a
Phi Cu 0,5%	9,3(±0,06) a	13,47(±1,1)f	2,6 (±0,11)ab	-	13,8 (±0,6)ab
Phi Ca 1%	8,4(±0,06) cd	43,47 (±1,4)b	3,80(±0,05)ab	-	-
Phi Ca 0,5%	8,3(±0,1) d	36,87 (±0,4)c	3,93(±0,21)ab	-	-
Phi CaB 1%	9,2(±0,2) ab	29,19 (±0,6)d	4,2 (±0,22) a	54,76(±3,2)a	-
Phi CaB 0,5%	7,5(±0,03) e	22,46 (±0,5)e	3,80(±0,05)ab	43,45(±1,4)b	-
Phi K 1%	8,3(±0,1) d	58,43(±0,6) a	3,7 (±0,13) ab	-	-
Phi K 0,5%	9,1(±0,1) ab	44,61(±1,6) b	3,76 (±0,03)ab	-	-
Test ABS	8,8 (±0,1) bc	36,88(±0,7) c	1,80 ±(0,07)ab	35,27(±1,9)bc	12,02(±0,5) b
p-valor	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.009

774

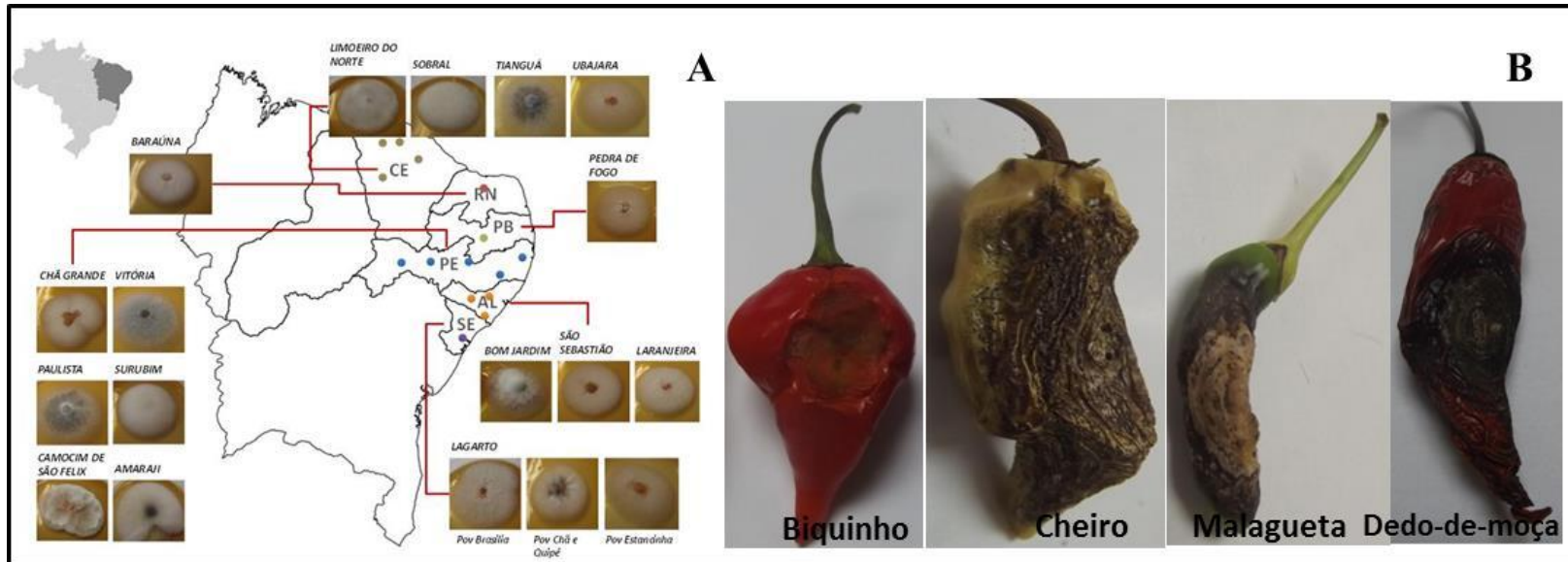
775 *Médias de três repetições seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).^y Erro padrão. Phi Ca = Fosfito
776 de cálcio; Phi CaB = Fosfito de cálcio+boro; Phi K = Fosfito de potássio; Phi Cu – Fosfito de cobre. Phi- Testemunha inoculada. N.d= Não
777 determinado.

778

779

780

781



782

783 **Figura 1.** *Colletotrichum* de pimentas em pós-colheita oriundos do Nordeste brasileiro Alagoas (AL), Ceará (CE), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Sergipe784 (SE) e Rio Grande do Norte (RN). (A). Patogenicidade a frutos de *Capsicum* spp. (B)

785

786

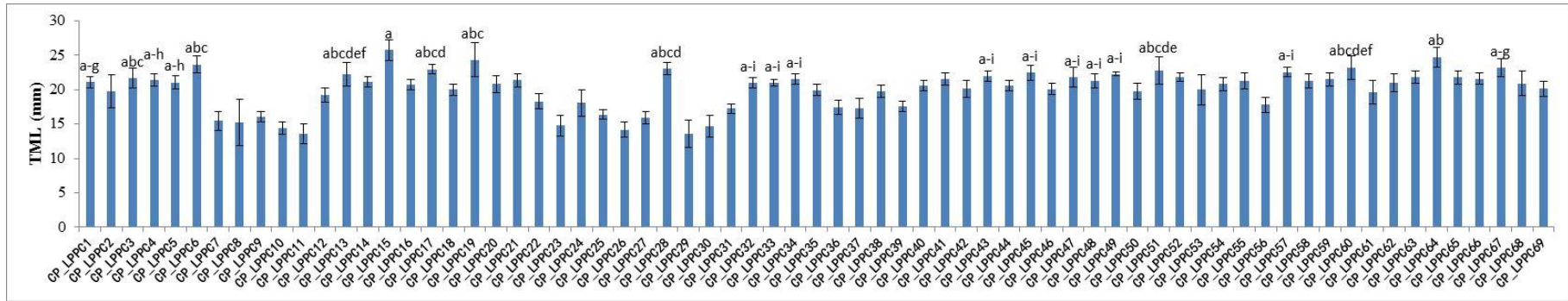
787

788

789

790

791



792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

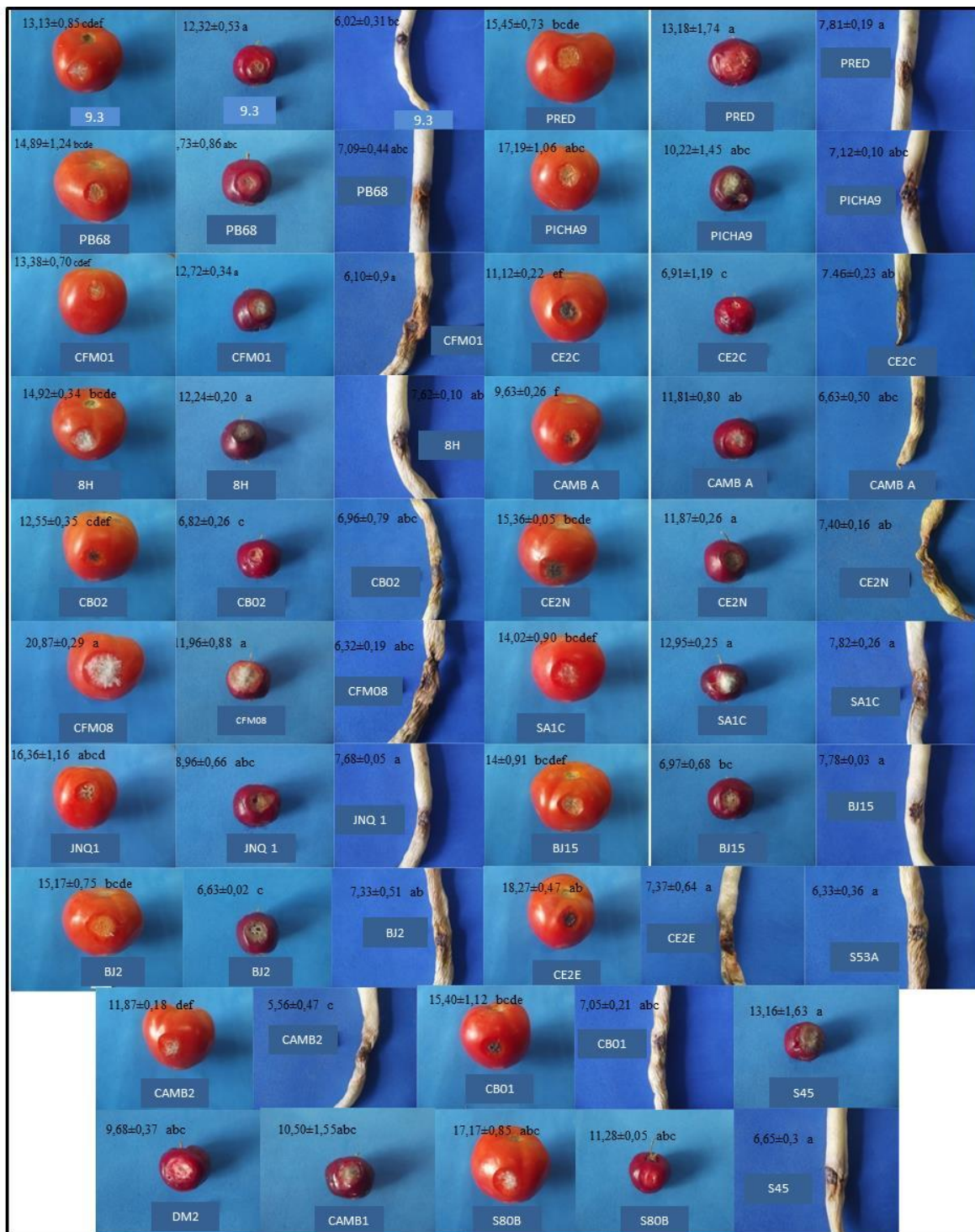
804

805

806

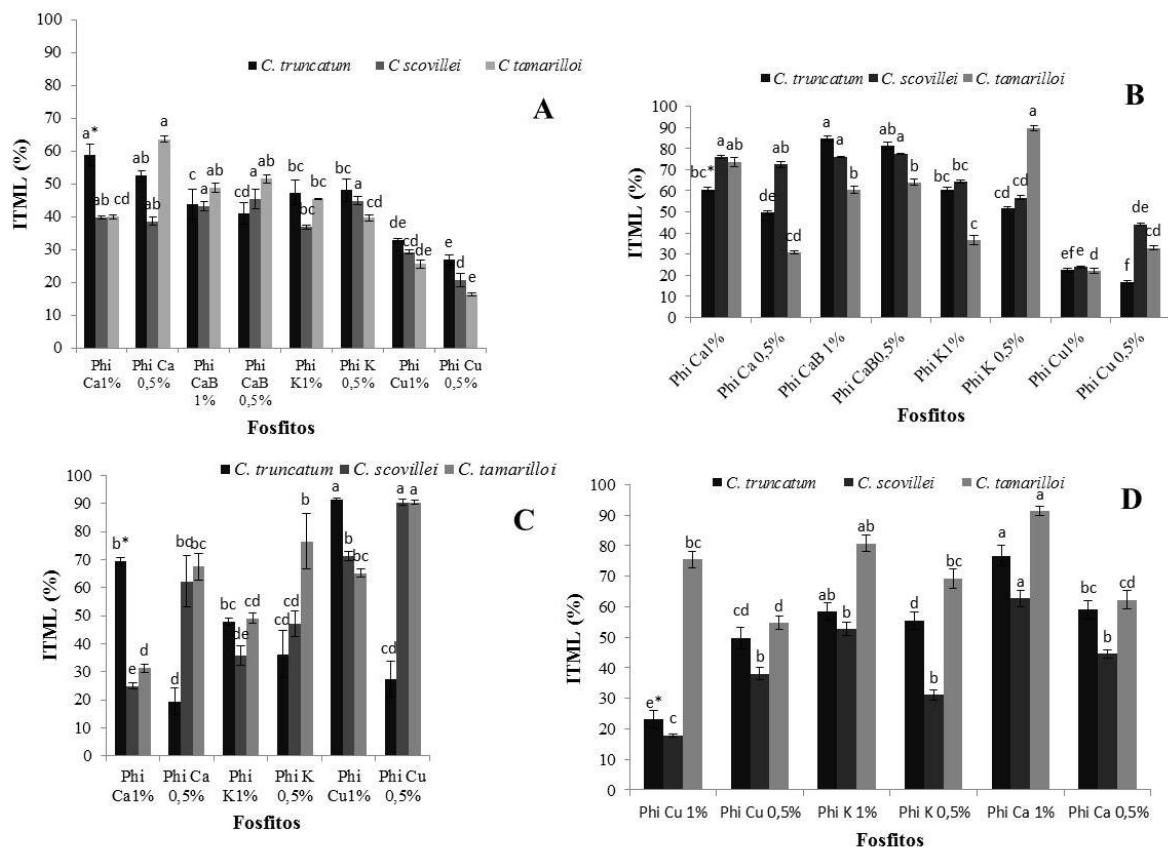
Figura 2. Tamanho médio da lesão (TML) de antracnose por *Colletotrichum* isolados de frutos *Capsicum* spp. pós-colheita em pimenta ‘Dedo-de-moça’. Letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Kruskal-wallis ($p \leq 0,05$). Erro padrão da média nas barras é mostrado.

807



835 **Figura 3.** Virulência dos isolados de *Colletotrichum truncatum* (CE2C; CE2N e CB01),
 836 *Colletotrichum tamarilloi* (DM2; CAMB2 e CFM08) e *Colletotrichum scovillei* da pimenta
 837 (*Capsicum* spp.) em tomate, feijão-vagem e acerola. *Valores médio tamanho da lesão (mm)
 838 e (±) erro padrão da média são mostrados, onde letras iguais em cada coluna não diferem
 839 entre si pelo teste de Tukey ($\leq 0,05$).

840



841

842 **Figura 4.** Inibição do tamanho médio da lesão de antracnose em pimentas ‘Biquinho’ (A),

843 ‘De Cheiro (B), ‘Malagueta’ (C) e ‘Dedo-de-moça’ (D) após tratamento com os fosfitos (Phi).

844 Phi Ca = Fosfíto de cálcio; Phi CaB = Fosfíto de cálcio+boro; Phi K = Fosfíto de potássio; Phi

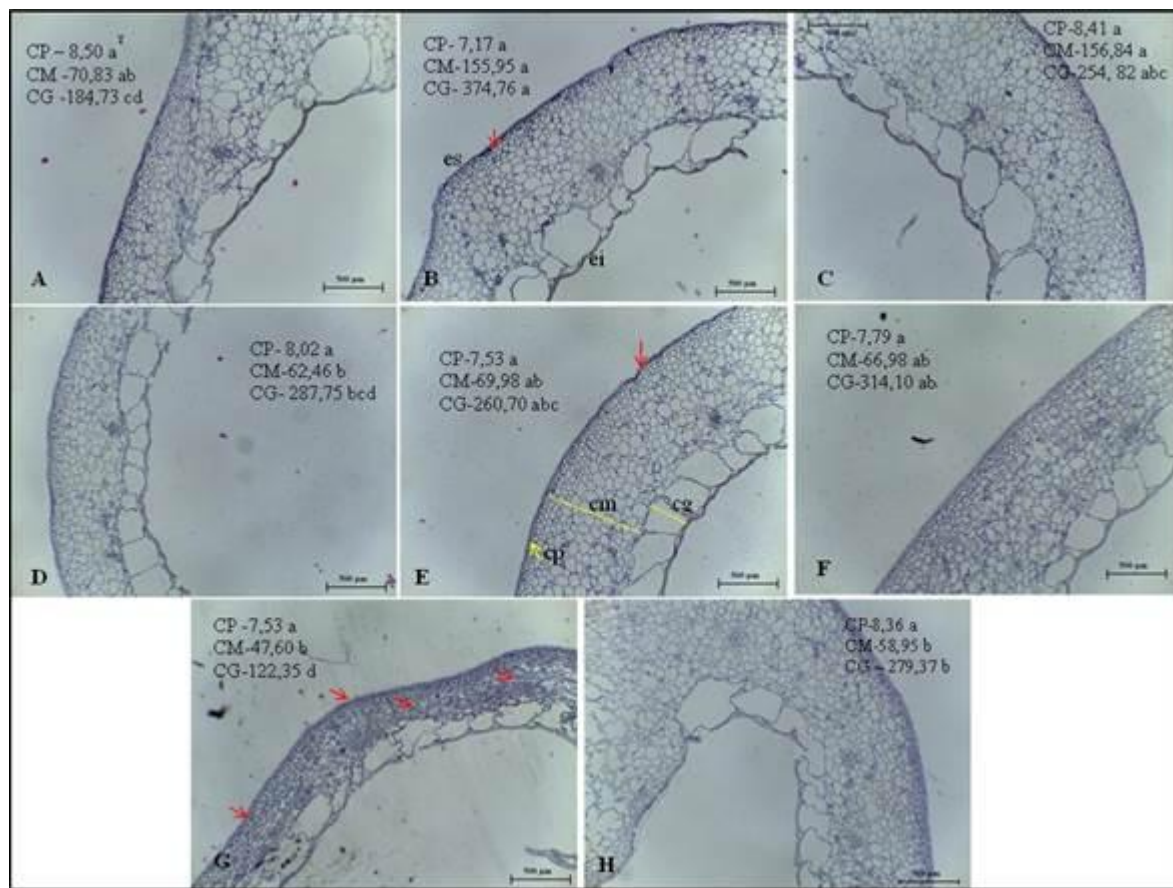
845 Cu= Fosfíto de cobre.

846

847

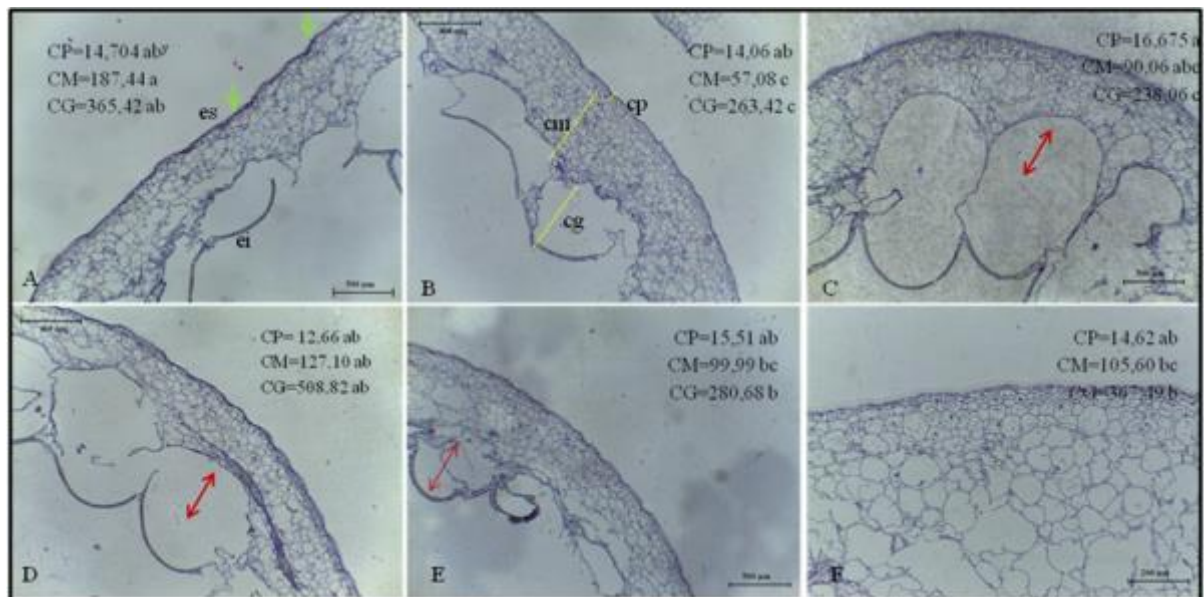
848

849



850
 851 **Figura 5.** Secções da região mediana da carposfera de pimenta (*Capsicum baccatum* var.
 852 *pendulum*) ‘Dedo-de-moça’ obtidas por Microscopia de luz. Frutos inoculados com
 853 *Colletotrichum scovillei* e tratados A- Phi CaB 0,5% (48 h.a.t); B- Phi CaB 1% (48 h.a.t); C-
 854 Phi Ca 1 % (48 h.a.t); D-Phi Cu 0,5% (48 h.a.t); E-Phi- 48 h.a.i; F- Phi Ca 1% (144 h.a.t); G-
 855 Phi- 144 h.a.i e H- Testemunha absoluta. Seta vermelha: colonização do fungo no tecido;
 856 h.a.i: horas após inoculação; h.a.t: horas após tratamentos. es:epiderme superior; ei:epiderme
 857 inferior; cp:camada células pequenas; cm:camada de células médias; cg:camada de células
 858 grandes. *Médias obtidas em três lâminas/tratamento. ^YLetras iguais não diferem entre si.

859
 860
 861
 862
 863
 864
 865
 866
 867



868
 869 **Figura 6.** Secções da região mediana da carposfera de pimenta (*Capsicum chinense*)
 870 ‘Biquinho’ obtidas por Microscopia de luz. Frutos inoculados com *Colletotrichum scovillei* e
 871 tratados A- Phi- (48 h.a.i); B- Testemunha absoluta; C-Phi Ca 1% (48 h.a.t); D-Phi Ca 0,5 %
 872 (48 h.a.t); E-Phi CaB 1% (48 h.a.t); F-Phi CaB 0,5% (48 h.a.t). Seta verde: colonização do
 873 fungo no tecido; h.a.i: horas após inoculação; h.a.t: horas após tratamentos. es:epiderme
 874 superior; ei:epiderme inferior; cp:camada células pequenas; cm:camada de células médias;
 875 cg:camada de células grandes. *Médias obtidas em três lâminas/tratamento. ^yLetras iguais
 876 não diferem entre si.

877

878

879

880

881

882

883

884

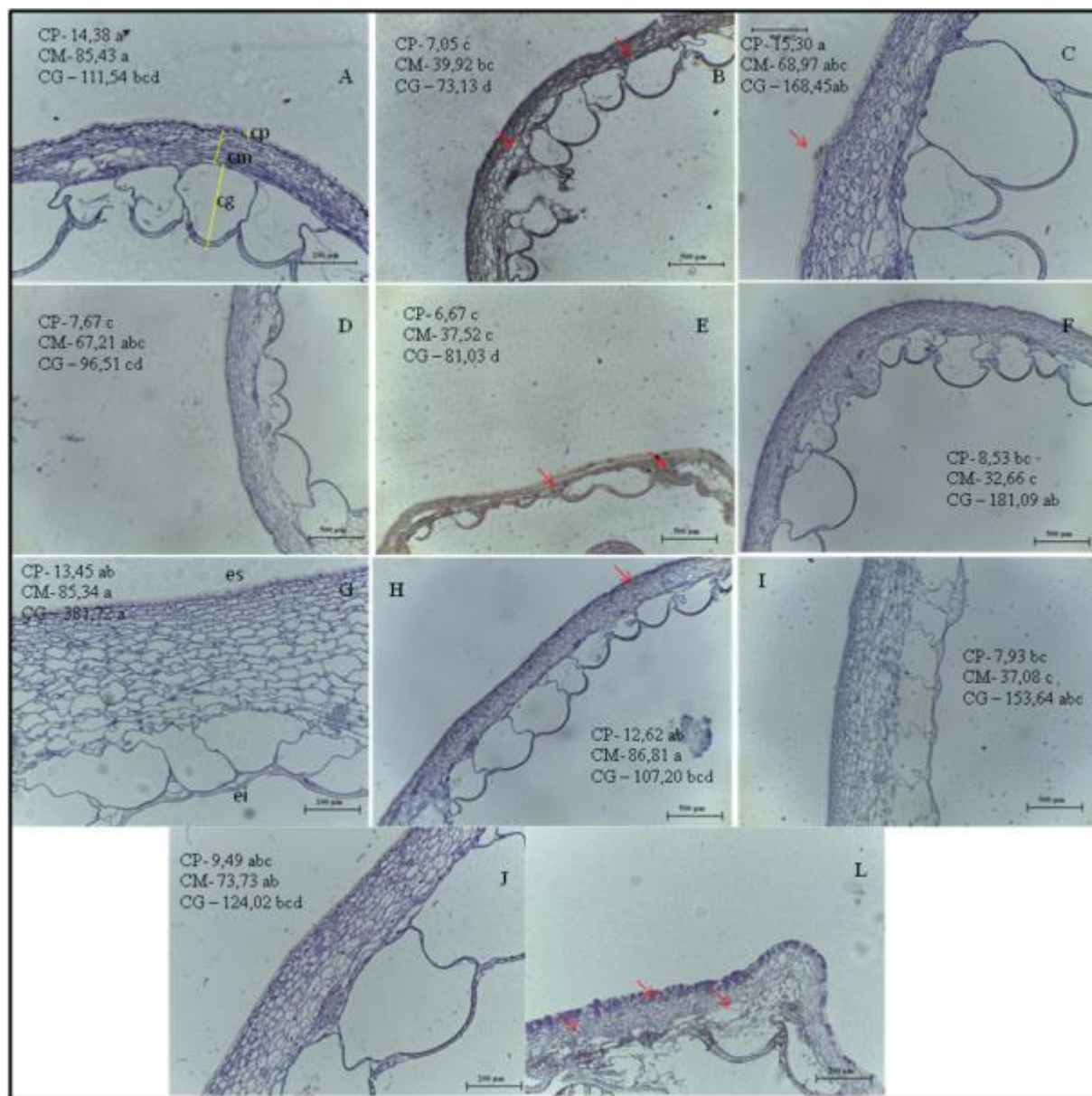
885

886

887

888

889



890
 891 **Figura 7.** Secções da região mediana da carposfera de pimenta (*Capsicum frutescens*)
 892 ‘Malagueta’ obtidas por Microscopia de luz. Frutos inoculados com *Colletotrichum scovillei* e
 893 tratados A- Phi Ca 1% (48 h.a.t); B- Phi Cu 1% (48 h.a.t); C-Phi CaB 0,5 % (48 h.a.t); D-Phi
 894 CaB 1% (48 h.a.t); E-Phi Cu 1% (144 h.a.t); F-Phi Cu 0,5% (144 h.a.t) G-Phi CaB 0,5% (144
 895 h.a.t); H- Phi Ca 1% (144 h.a.t); I-Phi K 1% (144 h.a.t); J-Testemunha absoluta; L-Phi- 144
 896 h.a.i Seta vermelha: colonização do fungo no tecido; h.a.i: horas após inoculação; h.a.t: horas
 897 após tratamentos. es:epiderme superior; ei:epiderme inferior; cp:camada células pequenas;
 898 cm:camada de células médias; cg:camada de células grandes. *Médias obtidas em três
 899 lâminas/tratamento. ^YLetras iguais não diferem entre si.

CAPÍTULO IV

Fosfitos aplicados em pré-colheita reduzem a antracnose e mantêm a qualidade estrutural dos tecidos das pimentas em pós-colheita

Artigo a ser submetido: Australasian Plant Pathology

1 **Fosfitos aplicados em pré-colheita reduzem a antracnose e mantêm a qualidade**
2 **estrutural dos tecidos das pimentas em pós-colheita**

3

4 Elizabeth Rodrigues Alexandre¹, Adriana Pereira de Melo¹, Sônia Maria Alves de
5 Oliveira¹

6

7 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Laboratório de Patologia Pós-Colheita,
8 Fitopatologia, CEP 52171-900, Recife-PE. *E-mail para correspondência:
9 beth.agrofito@hotmail.com

10

11 **Resumo**

12

13 A antracnose é a principal doença pós-colheita em pimentas, deprecia os frutos para
14 comercialização e é de difícil controle, em campo. O controle químico é a principal
15 estratégia utilizada, no entanto em pós-colheita não é recomendado tal pratica o que
16 favorece a busca pelo emprego de substâncias alternativas que reduzam a incidência da
17 doença sem comprometer a qualidade comercial dos frutos. Desta forma avaliou-se o
18 efeito de fosfitos Phi Ca, Phi CaB e Phi K na concentração de 1,0 g L⁻¹ além do cloreto
19 de cálcio CaCl₂ (5,0 g L⁻¹) sobre a redução da incidência da antracnose causada por *C.*
20 *scovillei* nos frutos colhidos. Os Phi Ca e Phi CaB foram os mais eficientes para
21 redução da antracnose (%) além de contribuírem com maior peso dos frutos nas
22 condições experimentais avaliadas. O teor de cálcio e potássio nos tecidos dos frutos
23 foram maiores naqueles tratados com Phi Ca ou Phi CaB e Phi K, respectivamente,
24 quando comparados à testemunha. Os tratamentos não exerceram influência sobre o
25 tamanho das plantas em nenhum dos experimentos. A análise estrutural em MEV
26 mostrou que os fosfitos contribuíram para manutenção estrutural dos tecidos contra o
27 desenvolvimento de *C. scovillei*. Diante destes resultados, conclui-se que os fosfitos têm
28 potencial para emprego dentro do manejo da doença.

29 **Palavras-Chaves:** *Colletotrichum scovillei*; *Capsicum* spp.; controle alternativo; MEV

30

31 **Abstract**

32

33 Anthracnose is the main post-harvest disease in chilies, since it depreciates fruit
34 commercialization and is difficult to control under field conditions. Although chemical

35 control is the main strategy used, it is not recommended during post-harvest, which
36 leads to the search for alternative substances that reduce the incidence of the disease
37 without compromising the commercial quality of the fruits. The effect of phosphites Phi
38 Ca, Phi CaB and Phi K in the concentration of 1.0 g L⁻¹ in addition to calcium chloride
39 CaCl₂ (5.0 g L⁻¹) on the reduction of anthracnose caused by *C. scovillei* on the fruits
40 was evaluated. Phi Ca and Phi CaB were the most efficient for anthracnose reduction
41 (%) and contributed with higher fruit weight under the evaluated experimental
42 conditions. Calcium and potassium content in fruit tissues were higher in those treated
43 with Phi Ca or Phi CaB and Phi K, respectively, when compared to the control. The
44 treatments did not influence the size of the plants in any of the experiments. The
45 structural analysis in MEV showed that the phosphites contributed to the maintenance
46 of tissue structure during *C. scovillei* development. Thus, we can conclude that
47 phosphites have potential for employment within the management of the disease.

48

49 **Key words:** *Colletotrichum scovillei*; *Capsicum* spp.; alternative control; SEM

50

51 **Introdução**

52

53 A utilização dos fosfitos, que são sais inorgânicos obtidos por neutralização do
54 ácido fosforoso (H₃PO₃) como fertilizantes transpassa a esta função e vem sendo cada
55 vez mais utilizado no intuito de conferir proteção a diversos patógenos, principalmente
56 fungos e oomicetos em culturas frutíferas, de grãos e hortifrutícolas, dentre elas em
57 tubérculos de solanáceas, como *Solanum tuberosum* para o controle de *Phytophthora*
58 spp. (Deliopoulus et al. 2010; Gómez-merino & Trejo-téllez, 2015).

59 A busca por reduções nas aplicações de fungicida também é um dos motivos que
60 estimula essa crescente demanda, aliada aos bons resultados pós-colheita sobre o
61 produto vegetal colhido, sob parâmetros de produção agrônômica e principalmente na
62 redução da incidência de podridões (Melo et al. 2016). Os fosfitos podem ainda estar
63 relacionados com o balanço enzimático, manutenção de atributos físico-químicos que
64 determinam a qualidade pós-colheita (Gayed et al. 2017; Melo et al. 2016).

65 Todas essas características contribuem para que os fosfitos sejam avaliados
66 sobre o potencial no manejo de patossistemas que requerem múltiplas práticas
67 agrônômicas (Gómez-merino & Trejo-téllez, 2015). Os sais de fosfitos aplicados ainda
68 no campo podem exercer diferentes respostas sobre os frutos, de culturas hortícolas ou

69 fruteiras, os quais podem contribuir para manutenção da coloração, firmeza da polpa
70 além de reduzir a incidência de podridões fúngicas em pêssegos (Moreira & Mai-de-
71 Mio, 2009), e favorecer ao acréscimo de atividade bioquímica que está ligada à defesa
72 do fruto, como verificado por Estrada-Ortiz et al. (2013) em morangos.

73 Em culturas hortícolas a qualidade pós-colheita pode sofrer influencia da
74 nutrição mineral nestas culturas, que poderá ter reflexo sob a estrutura além de efeitos
75 bioquímico e fisiológico (Marodin et al. 2016). O cálcio, o boro, o potássio são bastante
76 estudados na redução de doenças pós-colheita e podem contribuir para conservação
77 destes produtos dos quais poderão atuar especificamente na estruturação da parede
78 celular, na ativação de rotas de defesa enzimática entre outras funções (Moreira & May-
79 de-mio, 2009; Chitarra & Chitarra, 2005).

80 A antracnose em pimenta é causada por *Colletotrichum* fungo que possui a
81 possibilidade de permanecer no fruto em estágio quiescente, iniciadas no campo,
82 levando a visualização dos sintomas nos frutos no momento determinante para
83 comercialização, durante o armazenamento, o que pode ocasionar altas perdas com esta
84 doença tanto em cultivos tropicais como subtropicais (Saxena et al. 2016).

85 No Brasil, o controle da doença em campo é realizado principalmente com o
86 emprego dos fungicidas mancozeb, fluxapiraxade, oxicloreto de cobre e óxido cuproso
87 dos grupos químicos ditiocarbamatos, carboxamida+estrobirulina e cúprico
88 respectivamente, que são recomendados para a cultura (Agrofit, 2003; Tófoli,
89 Domingues, Ferrari, 2015). No caso da antracnose da pimenta por *Colletotrichum*, já
90 que o fruto é o produto depreciado, embora seja utilizado e prático, a aplicação de
91 fungicidas no manejo desta doença, traz mais efeito negativo, com impacto que
92 ressaltam riscos à saúde e também porque não se tem garantido sucesso (Chunying et al.
93 2015).

94 Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito dos fosfitos de potássio (Phi K), cálcio
95 (Phi Ca), cálcio+boro (PhiCaB) e cloreto de cálcio (CaCl_2) aplicados em pré-colheita,
96 avaliando-se conteúdo dos elementos Ca e K no fruto e o efeito sobre a estrutura dos
97 tecidos como estratégia de manejo alternativo sob a redução da incidência da antracnose
98 pós-colheita de pimentas amplamente cultivadas no Brasil.

99

100

101

102

103 Metodologia

104

105 Fosfitos na pré-colheita de pimentas

106

107 Os experimentos foram desenvolvidos na área experimental (UTM 9113308; 25
108 L 0285730) da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Inicialmente as mudas das
109 pimentas *Capsicum baccatum* var. *pendulum* ('Dedo-de-moça') e *Capsicum frutescens*
110 ('Malagueta') foram obtidas em produtora de Chã Grande-PE.

111 Após 30 dias da sementeira as mudas foram transplantadas para copos de
112 poliestireno de 500 mL³ contendo uma mistura de solo corrigido para acidez e matéria
113 orgânica+substrato Plantamax[®]. As mudas foram incubadas em condições de
114 temperatura 26-28°C ± 2 C° e umidade relativa de 85-90% ± 2% em casa de vegetação
115 até o transplante definitivo das mudas para canteiros na área experimental.

116 O solo com as características iniciais (P: 221 mg/dm³; pH=6,0; Ca=6,65;
117 Mg=0,85;Na=0,07;K=0,30;H=2,55 – S=7,9; CTC=10,4 cmolc/dm³; V=76%) foi
118 corrigido para atender as necessidades da cultura da pimenta de acordo com
119 recomendação da EMATER-DF (Andrade, 2004). Após o transplante (Jan 2015) as
120 plantas foram submetidas à irrigação por gotejamento, e submetidas à pulverização com
121 os tratamentos: fosfitos (Fosfitotal[®] Intercurf, Campinas, SP, Brasil) de cálcio (Phi Ca
122 18%; 64% P₂O₅), potássio (Phi K 38%;58% P₂O₅) e cálcio+ boro (Phi Ca 14,5% B
123 3,0%; 52% P₂O₅) ecom pulverizador de 10 L, todos numa concentração de 1,0 g L⁻¹ e
124 CaCl₂ (5,0 g L⁻¹ m/v) considerando um volume de 100 L. As plantas controle não
125 receberam aplicações dos mesmos. As pulverizações seguiram os estádios fenológicos
126 na fase reprodutiva: botões florais abertos; frutos pequenos imaturos, e frutos maduros
127 na pré-colheita. Seguiram-se dois ciclos de produção, 2016 (primeiro e segundo
128 semestre) e 2016/2017.

129 A ausência de inoculação artificial deve-se ao fato de que as mudas foram
130 obtidas de área de produção de onde há incidência da antracnose em pimentas e outras
131 solanáceas, qual favorece a presença do fungo no campo.

132 A avaliação consistiu na produção total de frutos (*n*), peso dos frutos (g)
133 determinados em balança analítica, altura média das plantas (cm), e incidência de frutos
134 com antracnose (%).

135 A incidência foi avaliada após período de armazenamento dos frutos dispostos
136 em bandejas de poliestireno e incubados a 24 ± 2°C. Procede-se a contagem do número

137 de frutos com sintomas típicos da antracnose, lesões e sinais do patógeno e o valor foi
138 expresso em % determinado pelo número total de frutos.

139 As condições de precipitação (mm) e umidade (UR%) que ocorreram durante o
140 experimento estão apresentadas na Figura 1.

141 O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, sendo quatro blocos,
142 constituídos de cinco repetições (Ano 2016 primeiro e segundo semestres) e quatro
143 repetições (Ano 2016 segundo semestre/ 2017 primeiro semestre). Cada repetição
144 consistiu em cinco plantas avaliadas, para cada uma das cultivares de pimentas em
145 estudo.

146

147 **Efeito dos fosfitos sobre o conteúdo de cálcio e potássio nos frutos**

148

149 Foi determinado o teor de conteúdo de cálcio e potássio a partir de amostra
150 composta dos experimentos de campo, ao final do ciclo, em pimentas maduras. As
151 mesmas foram secadas em estufa, com ventilação de ar forçado (Luferco 41140, Lutz
152 Fernando, Brasil) durante 96 h a 60 °C, e moídas em moinho tipo Willey. A digestão
153 ácida foi realizada conforme metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa
154 Agropecuária (Miyazawa et al. 2009) e determinadas em 0,5 g de tecido vegetal. O teor
155 de cálcio foi determinada por absorção atômica (PerkinElmer – Analyst 200) e o
156 potássio determinado em fotômetro de chama (Digimed DM-61) O conteúdo de Ca e K
157 foram determinados em triplicata para cada tratamento e cada cultivar de pimenta
158 avaliada.

159

160 **Análise da microscopia eletrônica de varredura do tecido das pimentas inoculadas** 161 **com *C. scovillei***

162

163 Os frutos sadios colhidos foram previamente lavados, desinfestados com
164 hipoclorito de sódio 1% e tratados com os fosfitos: Phi Ca, Phi CaB e Phi K na
165 concentração de 1,0 g.L⁻¹ via imersão dos frutos durante 20 minutos. Os frutos foram
166 dispostos em bandejas de poliestireno. Foram utilizados 5 frutos/tratamento. Em
167 seguida os frutos foram inoculados com o isolado CP_LPPC 01 de *C. scovillei* na
168 concentração de 1x10⁶ conídios/mL⁻¹ e mantidos em ambiente de laboratório a 24-26°C
169 ± 2 C° com umidade relativa de 85-90% ± 2%. O isolado foi previamente identificado

170 através do sequenciamento parcial do gene gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase
171 (GAPDH) com as condições de PCR e primers de acordo com Damm et al. (2012).

172 Após dois (48 h) e seis dias (144 h) do tratamento e inoculação, fragmentos
173 seccionados da região mediana dos frutos foram fixadas em FAA (formaldeído 37%,
174 etanol 70% e ácido acético) seguida de desidratação em diferentes concentrações de
175 álcool etanol. Utilizou-se a metodologia adaptada de Suzana et al. (2005) onde
176 fragmentos foram mantidas a -80 °C por 24 h e liofilizadas. Após esse período as
177 amostras foram metalizadas com ouro a 10 nm em metalizador Desk V
178 (DentomVaccum) e então foram observadas em microscópio eletrônico de varredura
179 (TESCAN, VEGA 3, República Theca) a 10 kV, e as imagens digitais avaliadas
180 qualitativamente.

181

182 **Análise estatística**

183

184 Os dados obtidos foram submetidos à ANOVA e atendido os pressupostos da
185 análise foram comparados às médias dos tratamentos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), e
186 análise da correlação de Pearson (r) entre a incidência de antracnose e o teor de Ca e K,
187 utilizando o software STATISTIX (9.0, Analytical Software, Tallahassee, USA). As
188 imagens foram avaliadas qualitativamente.

189

190 **Resultados**

191

192 Os fosfitos exerceram efeito sobre componentes de produção da pimenta peso e
193 número total de frutos. Em pimentas ‘Dedo-de-moça’, na primeira colheita (2016,
194 primeiro semestre) o Phi CaB foi o melhor tratamento, seguido de Phi Ca, aliada a
195 menor incidência (%) de antracnose advindas das infecções que iniciaram no campo. Na
196 segunda colheita, o peso dos frutos também foi maior com o tratamento Phi Ca, e menor
197 incidência da antracnose nos frutos, de plantas tratadas com Phi Ca e Phi CaB sem
198 diferirem entre si. O Phi K e CaCl_2 não diferiram entre eles e apresentaram
199 comportamento intermediário sobre peso dos frutos. O Phi K e o CaCl_2 apresentaram
200 comportamento intermediário na redução da antracnose (Tabela 1).

201

202 Os componentes de produção foram pouco influenciados pelos tratamentos com
203 os fosfitos em pimenta ‘Malagueta’ (Tabela 2), em ambos os anos de avaliação na
colheita dos frutos. No entanto, a incidência de antracnose em frutos de plantas tratadas

204 com Phi Ca e Phi CaB e tiveram a incidência da antracnose reduzida quando
205 comparadas ao controle e aos demais tratamentos. O cloreto de cálcio não se mostrou
206 eficiente para utilização visando à redução da antracnose, pois a incidência das lesões
207 (57,78%) foram maiores do que a testemunha (41,33%). Este sal exerceu
208 comportamento semelhante à testemunha sobre os componentes de produção NFT e
209 NDF da pimenta ‘Malagueta’ com (Tabela 2).

210 No primeiro ano, nas duas colheitas, observou-se o incremento de peso e número
211 total de frutos (NTF) em pimenta ‘Dedo-de-moça’ (Tabela 3) com o Phi Ca. No
212 segundo semestre de 2016, Phi Cab e PhiCa não diferiram entre si, e foram responsável
213 pelo aumento do peso das pimentas. Sob o NTF de pimenta ‘Dedo-de-moça’ Phi CaB e
214 Phi K mostraram comportamento semelhante, mas, não diferiram estatisticamente de
215 Phi Ca e da testemunha Já em pimenta ‘Malagueta’ (Tabela 4) os tratamentos não
216 exerceu influencia sobre os componentes, altura das plantas, NFT e peso em nenhuma
217 das duas avaliações, sem diferirem estatisticamente entre si.

218 O conteúdo total de cálcio e potássio nas pimentas utilizadas foi maior nos
219 tratamentos com os fosfitos do que quando comparados ao controle (Tabela 5). Phi Ca
220 proveu maior quantidade de cálcio ($3,91 \text{ g Kg}^{-1}$) em ‘Dedo-de-moça’, e $3,85 \text{ g Kg}^{-1}$ com
221 Phi CaB em pimenta ‘Malagueta’ sem diferir do Phi Ca o qual contribuiu para teor de
222 $3,18 \text{ g Kg}^{-1}$. Observou-se correlação negativa para o teor de Ca ($r = -0,33$, $p = 0,2$) e K
223 ($r = -0,21$; $p = 0,44$) e a incidência de antracnose em pimentas ‘Malagueta’. Já em pimenta
224 ‘Dedo-de-moça’ a correlação também foi negativa e altamente significativa entre o
225 conteúdo do Ca ($r = -0,65$; $p \leq 0,001$) e K ($r = -0,59$; $p = 0,01$) o qual foi positiva para
226 correlação entre controle teor do elemento nos tecidos e a incidência da antracnose.

227 Os tecidos tratados com os fosfitos Phi Ca, Phi CaB e Phi K se mostraram mais
228 estruturados quando comparados ao controle; tanto 48 h quanto em 144 h após
229 inoculação com *C. scovillei* (Figura 2 e 3). A desorganização celular do tecido é visível
230 nas amostras controle das pimentas ‘Dedo-de-moça’ (Figura 2) e ‘Malagueta’ (Figura
231 3). Em pimentas ‘Dedo-de-moça’ tratadas com o fosfito Phi K, onde se observa
232 conídios sobre a superfície das mesmas, poucos germinaram, e/ou desenvolvimento
233 vegetativo estavam com pouco avanço no tecido das pimentas, como em Phi Ca após
234 144 h do tratamento e inoculação (Figura 2). Em pimentas tratadas do Phi K após 48 e
235 144 h da inoculação, observa-se colonização dos tecidos mostrando hifas, conídios
236 germinados e emissão de apressório sobre o tecido, mas, não avançada como na

237 testemunha, no entanto diferem dos tecidos tratados com Phi Ca e Phi CaB que se
238 mostram mais estruturados (Figura 2).

239 Em pimentas ‘Malagueta’, no tratamento com Phi CaB e após 144h da
240 inoculação já se observa o fungo penetrando entre as células, com emissão do
241 apressório, no entanto não está em rápido avanço da colonização como observado nas
242 pimentas controle (Figura 3).

243

244 **Discussão**

245

246 Os fosfitos contribuíram para redução da incidência da antracnose tanto nos
247 frutos tratados ainda no campo, como no retardo da colonização do *C. scovillei* em pós-
248 colheita quando inoculado artificialmente. Esse efeito pode estar atrelado ao fato de que
249 os fosfitos contribuíram para manutenção da integridade do tecido, com o aumento do
250 teor de Ca. Apesar do teor de K aumentar nos tecidos de plantas tratados com Phi K,
251 este tratamento não contribui para significativa redução da incidência da antracnose,
252 contrastando com os resultados obtidos por Melo et al. (2016), onde verificaram maior
253 redução da incidência da fusariose em abacaxis tratados na pré-colheita com Phi K, e
254 menor tamanho de fruto em plantas tratadas com Phi Ca.

255 O Phi K é relatado em diversos trabalhos como eficiente na redução de
256 antracnose pós-colheita em goiabas, jiló, mamão (Gomes et al. 2016; Alexandre et al.
257 2014; Demartelaere et al. 2017), o mesmo tempo é visto com Phi Ca (Lopes et al. 2017)
258 que foi eficiente em reduzir antracnose no mamão.

259 Juntos Ca e K podem contribuir para manutenção da coloração dos frutos e da
260 firmeza (Moreira & Pereira, 2009), e isso mostra o potencial da aplicação destes fosfitos
261 em pré-colheita, pois no presente trabalho não se observou alteração sobre a coloração
262 dos frutos (Dados não mostrado).

263 O efeito antifúngico do boro, aplicados a partir do sal de borato em pós-colheita,
264 reduziu a antracnose por *C. gloeosporioides* em mangas cv. Tai Nong, comparando-se
265 ao efeito do fungicida benomyl (Shi et al. 2012). Em nectarinas tratadas em pré-colheita
266 com produto comercial a base de boro reduziu a incidência de frutos com podridão por
267 *Monilinia laxa* tanto em pré como em pós-colheita (Tomidhis et al. 2017).

268 A podridão parda de pêssegos foi reduzida pela aplicação de produto à base de
269 boro, observando-se correlação negativa entre o teor de B nas folhas e a incidência de

270 infecção pré-colheita da fruta, que pode contribuir para que os frutos mantivessem
271 maior resistência ao desenvolvimento da podridão (Tomidhis & Exadarktylou, 2010).

272 A redução da antracnose mediada pelo PhiCaB no presente trabalho pode estar
273 ligada a uma das funções fisiológicas do boro, pois de acordo com Piñero et al. (2017)
274 ambos o Ca e B são necessários na formação das células da parede celular e das
275 membranas, o que pode no presente trabalho contribuir para manutenção estrutural dos
276 tecidos das pimentas tratadas com os fosfitos.

277 O Ca é requerido em muitas reações na planta, o qual contribui com os processos
278 enzimáticos envolvido na estruturação da parede celular (Chitarra & Chitarra, 2005), o
279 que pode estar diretamente relacionado ao fato da menor incidência da antracnose, já
280 que para o *Colletotrichum* a penetração diretamente na cutícula pode ser alcançada
281 (Liao et al. 2012) facilmente, após emissão do apressório e pode então ter sido
282 comprometida esta habilidade sobre a superfície das pimentas que foram tratadas com
283 os fosfitos.

284 Isso justifica a redução da incidência da antracnose, contrastando com a alta
285 degradação da superfície das pimentas não tratadas que correspondem às lesões pela
286 colonização do *Colletotrichum* iniciada ainda no campo sobre as pimentas ‘Dedo-de-
287 moça’ e ‘Malagueta’.

288 Também em pós-colheita, pode-se dizer que o tratamento foi efetivo, pois
289 mesmo após seis dias, o *C. scovillei* não teve amplo desenvolvimento sobre o fruto
290 tratado com os fosfitos como nas testemunhas. Sabe-se que após um período em que o
291 fruto já reduz seus compostos de resistência o fungo pode desenvolver-se com mais
292 facilidade, que é superado após o estágio quiescente conforme se observou para *C.*
293 *truncatum* em *Capsicum annuum* (Ranathunge et al., 2012).

294 Até o momento não se encontra no Brasil, trabalho que tenha avaliado a
295 utilização de sais de fosfitos em pré-colheita sobre a redução da antracnose em pós-
296 colheita, que é uma relevante doença para cultura de *Capsicum* spp.

297 Novos experimentos e em condições diferentes das utilizadas neste trabalho
298 deverão ser realizadas para avaliar se outro modo de ação que não só a resistência
299 estrutural dos tecidos possa estar associada aos fosfitos sobre *C. scovillei*.

300

301 **Agradecimentos**

302 Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
303 pela concessão da bolsa de Doutorado a Elizabeth R. Alexandre e a Fundação de

304 Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa BFT a Adriana
305 P. Melo. Ao CENAPESq/UFRPE pelo uso do microscópio eletrônico de varredura.

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338 **Referências**

339

340 Andrade RJ (2004) Nutrição de pimenta. [http://www.emater.go.gov.br/intra/wp-](http://www.emater.go.gov.br/intra/wp-content/uploads/downloads/2011/07/Nutricao-de-Pimentas.pdf)
341 [content/uploads/downloads/2011/07/Nutricao-de-Pimentas.pdf](http://www.emater.go.gov.br/intra/wp-content/uploads/downloads/2011/07/Nutricao-de-Pimentas.pdf) Acesso: 10 Nov. 2017

342 Agrofit (2003) http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
343 Acesso: 10 Nov. 2017

344 Chitarra MIF, Chitarra AB (2005) Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e
345 manuseio. 2. ed. Lavras: UFLA, 785 p.

346 Chunying, S, Lia, MS, Hai ZZ, Alain P, Hao WL, Xi, ZB (2015) Resistances to
347 anthracnose (*Colletotrichum acutatum*) of Capsicum mature green and ripe fruit are
348 controlled by a major dominant cluster of QTLs on chromosome P5. *Scientia*
349 *Horticulturae* 18:81-88

350 Damm U, Cannon PF, Woudenberg JHC, Crous P W (2012) The *Colletotrichum*
351 *acutatum* species complex. *Studies in Mycology* 73:37–113

352 Deliopoulos T, Kettlewell PS, Hare MC (2010) Fungal disease suppression by inorganic
353 salts: a review. *Crop Protection* 29:1059-1075

354 Demartelaere ACF, Nascimento LC, Guimarães GHC, Silva JA, Luna RG (2017)
355 Elicitors on the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits.
356 *Pesquisa agropecuária tropical* 47:211-217

357 Estrada-Ortiz E, Trejo-Téllez LI, Gómez-Merino FC, Núñez-Escobar R, Sandoval-Villa
358 (2013) *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 13:612-620

359 Fonseca SC, Silva CL, Xavier MF (2005) Microstructural analysis of fresh-cut red bell
360 pepper (*Capsicum annuum* L.) for postharvest quality optimization. *Electronic Journal of*
361 *Environmental, Agricultural and Food Chemistry* 3:1081-1085

362 Gayed AANA, Shaarawi SAMA, Elkhishen MA, Elsherbini NRM (2017) Pre-harvest
363 application of calcium chloride and chitosan on fruit quality and storability of ‘Early
364 Swelling’ peach during cold storage. *Ciência e Agrotecnologia* 41 220-23

365 Gómez-Merino FC, Tejo-Téllez LI (2015) Biostimulant activity of phosphite in
366 horticulture. *Scientia Horticulturae* 196:82-90

367 Liao C-Y, Chen M-Y, Che Y-K., Kuo K-C, Chung K-R, Lee M-H (2012) Formation of
368 highly branched hyphae by *Colletotrichum acutatum* with the fruit cuticles of *Capsicum*
369 spp. *Plant Pathology* 61:262-270

370 Lopes LF, Cruz AF, Barreto MLA, Vasconcelos TMM, Blum LEB (2017) Post-harvest
371 treatment with Ca-phosphite reduces anthracnose without altering papaya fruit quality.

- 372 The Journal of Horticultural Science and Biotechnology,
373 Doi.org/10.1080/14620316.2017.1361342
- 374 Marodin JC, Resende JTV, Morales RGF, Faria MV, Trevisam AR, Figueiredo AST,
375 Dias DM (2016) Tomato post-harvest durability and physicochemical quality depending
376 on silicon sources and doses Horticultura Brasileira 34:361-366.
- 377 Melo LGL, Silva EKC, Neto JRMC, Lins SRO, Rodrigues AAC, Oliveira SMA (2016)
378 Indutores de resistência abióticos no controle da fusariose do abacaxi. Pesquisa
379 Agropecuárias Brasileira 51:1703-1709, 2016
- 380 Miyazawa M, Pavan MA, Muraoka T, Carmo CAFS, Melo WJ (2009) Análise química
381 vegetal In: Silva FC Ed. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.
382 Brasília: Embrapa Informação Tecnológica p.217-220
- 383 Moreira LM, May-de-Mio LL (2009) Controle da podridão parda do pessegueiro com
384 fungicidas e fosfitos avaliados em pré e pós-colheita. Ciência e Agrotecnologia 33:405-
385 411
- 386 Piñero MC, Pérez-Jiménez M, López-Marín J, Del Amor FM (2017) Amelioration of
387 boron toxicity in sweet pepper as affected by calcium management under an elevated
388 CO₂ concentration. Environmental Science and Pollution Research 24:10893-10899
- 389 Ranathunge NP, Mongkolporn O, Ford R, Taylor PWJ (2012) *Colletotrichum*
390 *truncatum* Pathosystem on *Capsicum* spp: infection, colonization and defence
391 mechanisms. Australasian Plant Pathology 41:463-473
- 392 Saxena A, Raghuwanshi R, Gupta VK, Singh HB (2016) Chilli anthracnose: The
393 epidemiology and management Frontiers in microbiology 7:1-18
- 394 Shi X, Li B, Qin G, Tian S (2012) Mechanism of antifungal action of borate against
395 *Colletotrichum gloeosporioides* related to mitochondrial degradation in spores
396 Postharvest Biology and Technology, 67:138-143
- 397 Thomidis T, Exadakytlou (2010) Effect of boron on the development of brown rot
398 (*Monilinia laxa*) on peaches. Crop protection 29:572-576
- 399 Thomidis T, Karagiannidis N, Stefanou S, Paresidou M, Profromou I (2017) Influence
400 of boron applications on preharvest and postharvest nectarine fruit caused by brown rot.
401 Australasian Plant Pathology 46:177-181
- 402 Töfoli JG, Domingues RJ, Ferrari JT (2015) Antracnose em solanáceas: Etiologia,
403 Características e Controle. Biológico 77:73-79
- 404
- 405

407 **Tabela 1.** Efeito dos fosfitos e cloreto de cálcio sobre atributos de avaliação agronômica e redução da incidência de antracnose pós-colheita em
 408 pimentas ‘Dedo de moça’ tratadas na pré-colheita
 409

Tratamentos	2° Semestre 2016				1° Semestre 2017			
	Peso (g) ¹	NTF (n)	NFD (n)	%	Peso (g)	NTF	NFD	%
Phi Ca	88,52±15,02 a*	81±6,5 a	5,25±1,6 bc	6,48	171,1±33,3 a	107,2±52,2 a	3,75±1,7ab	3,49
Phi CaB	148,72±30,8 a	63,7±0,5 b	2,75±1,2 c	4,31	169,4±14,8 a	145±64,9 a	4,5±2,2 b	3,10
Phi K	117,6±9,55 a	71,5±1,6ab	11,25±3,3bc	15,73	118,0±5,1 ab	109,9±70,5 a	11,25±0,75b	11,13
CaCl₂	82,975±20,4 a	69,25±3,5ab	12,25±3,6 b	17,68	118,5±5,3 ab	54±2,08 a	4,75±1,1 ab	8,79
Phi -	126,375±5,7a	73,25±3,0ab	41,5±2,8a	56,65	88,5±1,9 b	40,2±3,7 a	15,5±2,1 a	38,51
C.V %	31	9,8	27,5	-	25,19	50,9	58	-
(p≤0,05)	(p=0,11)	(p=0,05)	(p≤0,001)		(p=0,01)	(p=0,35)	(p≤0,001)	

410 *Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). Avaliação 2016/2017 (segundo semestre/ primeiro semestre) NTF- Numero total
 411 de frutos; NFD- Numero de frutos doentes. Phi Ca = Fosfito de cálcio; FCaB = Fosfito de Cálcio + Boro; FK= Fosfito de Potássio; CaCl₂ = Cloreto de cálcio;
 412 Phi - = Testemunha

413

414

415

416

417

418

419 **Tabela 2.** Efeito dos fosfitos e cloreto de cálcio sobre atributos de avaliação agronômica e redução da incidência de antracnose pós-colheita em
 420 pimentas ‘Malagueta’ tratadas na pré-colheita

421

Tratamentos	2° Semestre 2016				1° Semestre 2017			
	Peso (g) ¹	NTF (n)	NFD (n)	%	Peso (g)	NTF	NFD	%
Phi Ca	67,2±12,2 bc*	226,0± 42,5 a	15,25±3,1 c	6,75	226,0±42,5 a	67,25±12,2 a	16,25±3,5 ab	29,76
Phi CaB	117,6±11,5 a	297,0±37,0 a	21,5±1,9 bc	7,24	146,75±21,3 a	61,92±4,6 a	17,5±4,4 ab	42,19
Phi K	109,05±19,4ab	301,75±59,4	84,0±19,7 ab	27,84	154,25±17,3 a	43,0±10,7 a	10,0±3,8 b	27,88
CaCl₂	58,10±18,1 c	231,5±54,5 a	133,75±8,02 a	57,78	188,75±34,7 a	59,2±18,4 a	27,5±3,2 ab	31,37
Phi -	154,55±13,9 a	321,25±57,7	132,75±21,2 a	41,33	228,67±13,1 a	98,77±12,7 a	31,5±5,3 a	43,19
C.V %	21,1	40,2	37,62	-	32,5	42,09	40,62	-
(p≤0,05)	(p≤0,001)	(p=0,65)	(p≤0,001)		(p=0,32)	(p=0,13)	(p≤0,02)	

422 *Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). Avaliação 2016/2017 (segundo semestre/ primeiro semestre) NTF- Numero total
 423 de frutos; NFD- Numero de frutos doentes. Phi Ca = Fosfito de cálcio; FCaB = Fosfito de Cálcio + Boro; FK= Fosfito de Potássio; CaCl₂ = Cloreto de cálcio;
 424 Phi - = Testemunha

425

426

427

428

429

430

431 **Tabela 3.** Efeito dos fosfitos sobre atributos de avaliação agronômica e redução da incidência de antracnose pós-colheita em pimentas ‘Dedo-de-
432 moça’ tratadas na pré-colheita

Tratamento	1° SEMESTRE 2016			2° SEMESTRE 2016		
	Altura (mm)	NFT (n)	P (g)	Altura (mm)	NFT (n)	P (g)
Phi CaB	69,0±5,06 a*	626,84±176,5ab	155,8±44,1 ab	67,8±7,4 a	782,88±91,1 ab	198,8±36,6 a
Phi Ca	77,6±4,6 a	801,96±110,5 a	197,6±43,4 a	70,0±3,6 a	1009,9±57,9 a	275,0±49,9 a
Phi K	80,2±4,05 a	130,74±41,1 c	54,75±18,6 c	80,6±3,9 a	404,56±130,7 ab	156,0±48,2 b
Phi-	75,0±2,16 a	276,7±78,1 bc	83,0±14,2 bc	60,2±2,1 a	307,14±63,3 b	98,8±9,23 b
C.V%	12,73	51,32	54,21	16,36	43,80	12,73
p-valor	p=0,3	p=0,01	p=0,003	p=0,09	p=0,02	p≤0.001

433 *Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Avaliação 2016 (primeiro semestre/segundo semestre) NFT- Número total de
434 frutos; P= peso dos frutos. Phi Ca = Fosfito de cálcio; FCaB = Fosfito de Cálcio + Boro; FK= Fosfito de Potássio; CaCl_2 = Cloreto de cálcio; Phi - =
435 Testemunha

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446 **Tabela 4.** Efeito dos fosfitos sobre atributos de avaliação agrônômica e redução da incidência de antracnose pós-colheita em pimentas
 447 ‘Malagueta’ tratadas na pré-colheita

Tratamento	1° SEMESTRE 2016			2° SEMESTRE 2016			448
	Altura (mm)	NTF (n)	P (g)	Altura (mm)	NTF (n)	P (g)	449
Phi CaB	69,9±7,5 a	79,08±12,1 a	96,4±10,5 a	57,0±3,0 a	63,8±10,39 a	112,4±23,8 a	450
Phi Ca	80,6±3,5 a	125,08±28,2 a	189,2±56,8 a	60,8±2,3 a	45,5±11,95 a	82,4±16,25 a	451
Phi K	74,0±4,1 a	124,96±19,1 a	141,8±22,9 a	57,4±1,53 a	150,94±41,06 a	74,25±9,80 a	452
Phi-	62,6±3,9 a	104,76±20,4 a	171,75±33,04 a	47,6±1,03 b	33,97±6,23 a	71,8±15,3 b	453
C.V%	16,7	50,80	48,89	6,71	8,96	13,56	454
p-valor	p=0,17	p=0,30	p=0,49	p=0,0008	p=0,7	p≤0,001	

455 *Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). Avaliação 2016 (primeiro semestre/segundo semestre) NTF- Número total de
 456 frutos; P= peso dos frutos Phi Ca = Fosfito de cálcio; FCaB = Fosfito de Cálcio + Boro; FK= Fosfito de Potássio; CaCl₂ = Cloreto de cálcio; Phi - =
 457 Testemunha

458

459

460

461

462

463

464

465

466

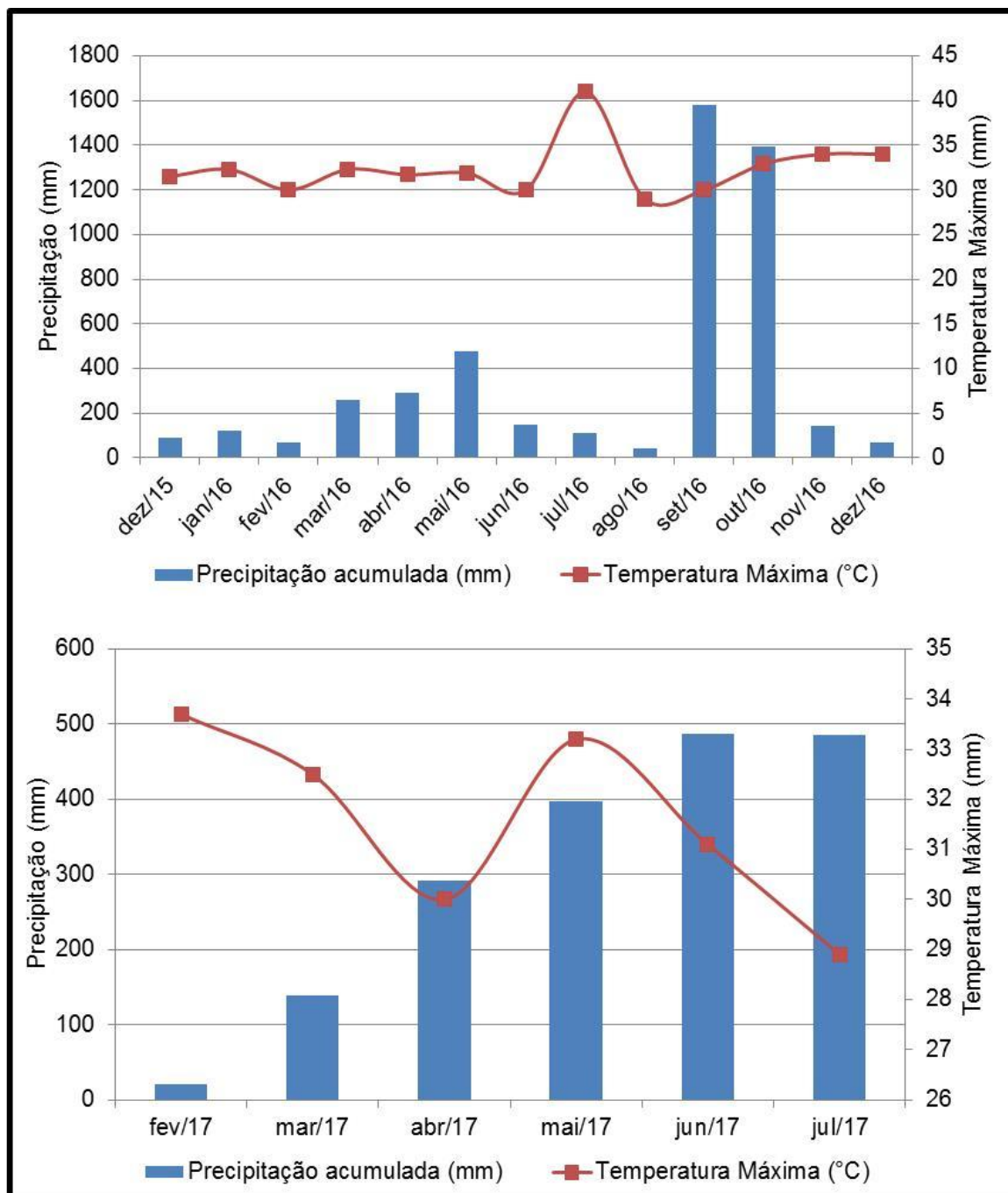
467

468 **Tabela 5.** Teor de Cálcio e Potássio no tecido das pimentas em pós-colheita após tratadas na pré-colheita com os fosfitos

469

Tratamentos	<i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> 'Dedo-de-moça'		<i>Capsicum frutescens</i> 'Malagueta'	
	Ca g Kg ⁻¹	K g Kg ⁻¹	Ca g Kg ⁻¹	K g Kg ⁻¹
Phi Ca	3,91 a	31,26 b	3,18 ab	29,21 b
Phi CaB	3,21 b	33,87 c	3,85 a	36,82 c
Phi K	1,81 c	36,88 a	2,5 bc	42,97 a
Phi -	1,58 c	27,95 d	2,42 c	24,92 d
p-valor	p≤0.001	p≤0.001	p≤0.001	p≤0.001

470 *Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05) Medias em quadruplicatas para teor de Ca, e triplicatas para teor de K.



471

472 **Figura 1.** Representação gráfica da precipitação pluviométrica acumulada (mm) e
 473 temperatura (°C) para a cidade de Recife-PE, onde o experimento foi conduzido, no
 474 período das avaliações e crescimento das pimentas. Dados: obtidos da APAC (Consulta
 475 pública)

476

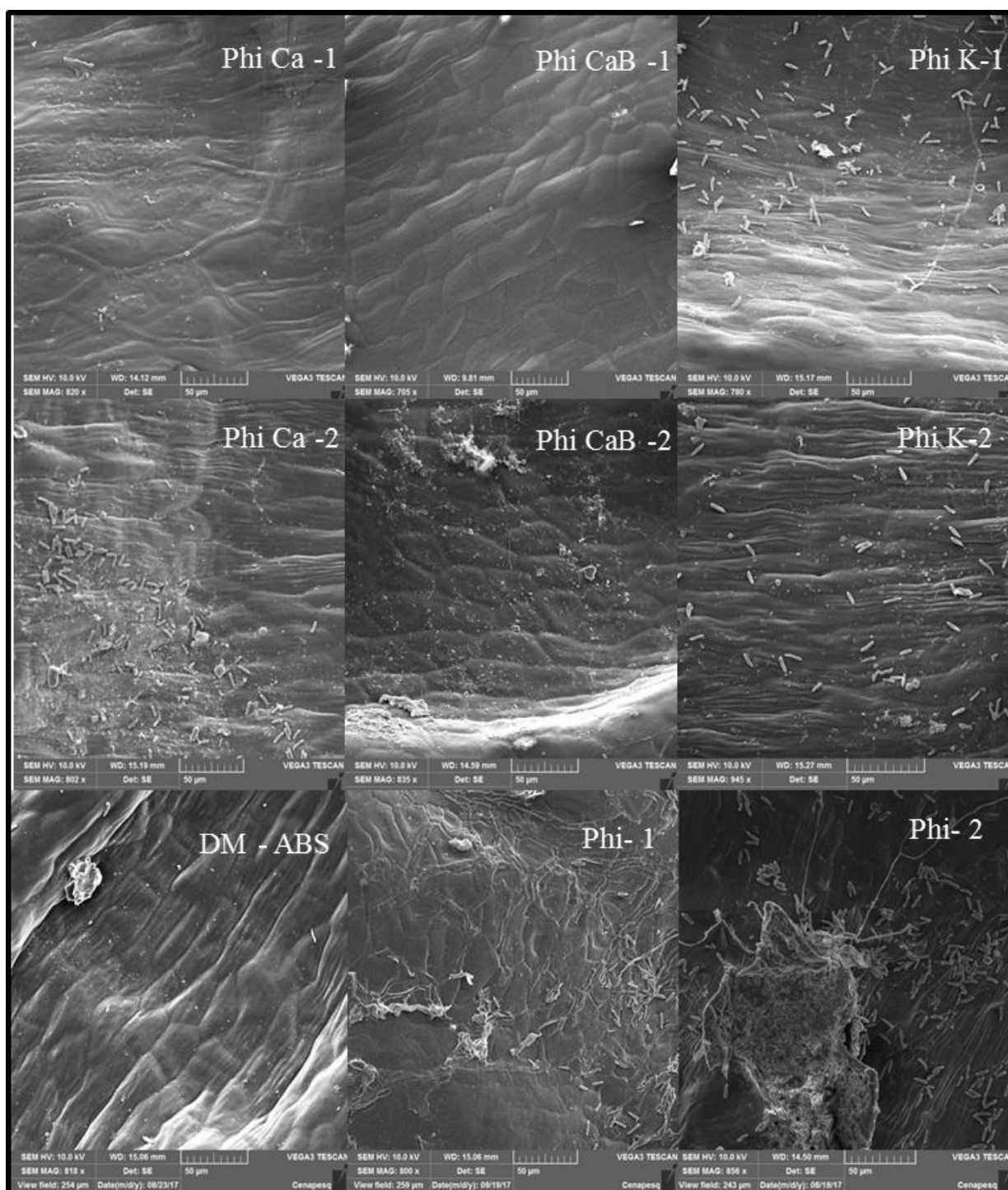
477

478

479

480

481

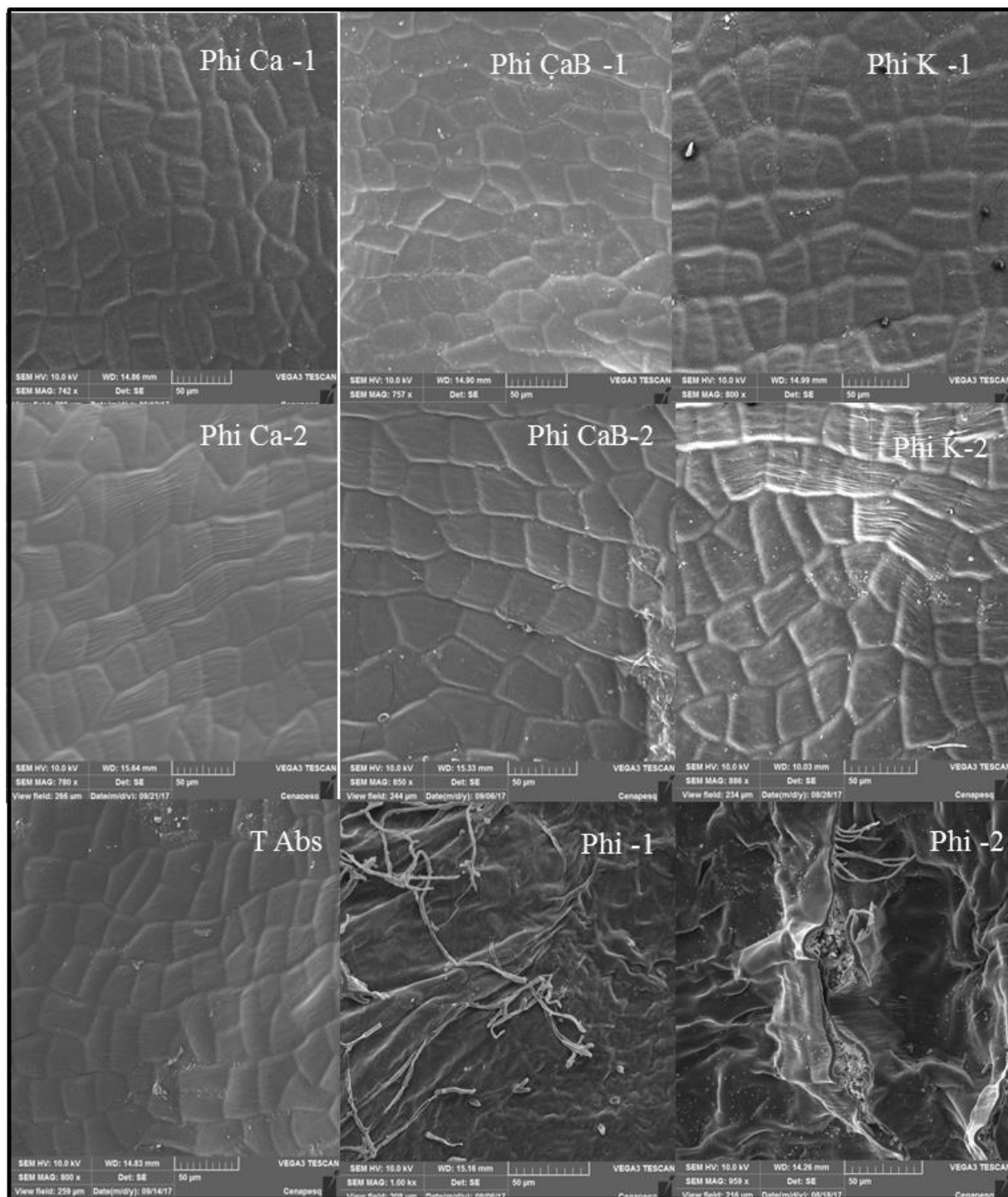


482

483 **Figura 2.** Estruturado tecido de pimentas ‘Dedo-de-moça’ após tratamento com os
 484 fosfitos e inoculação com *Colletotrichum scovillei*, visualizada após 48 e 144 h. Phi Ca
 485 = Fosfito de cálcio; Phi CaB= Fosfito Calcio+Boro; PhiK= Fosfito de potássio; Phi=
 486 Testemunha; ABS= Testemunha Absoluta. ¹48 h após tratamento e inoculação; ²144 h
 487 após tratamento e inoculação.

488

489



490

491 **Figura 3.** Estruturado tecido de pimentas ‘Malagueta’ após tratamento com os fosfitos e
 492 inoculação com *Colletotrichum scovillei*, visualizada após 48 e 144 h. Phi Ca = Fosfito
 493 de cálcio; Phi CaB= Fosfito Calcio+Boro; Phi K – Fosfito de potássio; Phi=
 494 Testemunha; ABS= Testemunha Absoluta. ¹48 h após tratamento e inoculação; ²144 h
 495 após tratamento e inoculação.

CONCLUSÕES GERAIS

CONCLUSÕES

- Os sais bicarbonato de sódio (NaHCO_3), cloreto de cálcio (CaCl_2), cloreto de sódio (NaCl), cloreto de potássio (KCl) apresentaram efeito muito variado sobre a redução de infecção quiescentes para ser indicado no manejo pós-colheita da antracnose em pimentas;
- Os fosfitos foram eficientes em reduzir a antracnose oriunda de infecções quiescentes em pimentas ‘De Cheiro’, ‘Biquinho’, ‘Malagueta’ e ‘Dedo-moça’ em diferentes temperaturas de armazenamento e a não houve efeito da atividade de enzimas oxidativa/reativas polifenoloxidase (PPO) nestas pimentas, e ascorbato peroxidase (APX), exceto para atividade da APX em ‘Dedo-de-moça’,
- Os atributos físico-químicos não foram alterados a ponto de comprometerem a qualidade das pimentas após tratamento com os fosfitos;
- *Colletotrichum scovillei* sofreu redução no crescimento micelial pelos diferentes fosfitos (Phi Ca, Phi K e Phi CaB) com CE_{50} de até menos de 1 g.la L^{-1} . O Phi Cu foi o menos eficiente exigindo maiores concentrações efetivas que reduzam 50% do crescimento micelial deste fungo;
- Phi Ca e Phi CaB a 0,5 e 1% foram, de forma geral, os melhores tratamentos para redução da antracnose pós-colheita da pimenta por *C. scovillei*, *C. tamarilloi* e *C. truncatum*
- Os produtos, de forma geral, ainda contribuíram para manutenção da qualidade pós-colheita medida pelos atributos como SST, AT, pH e vitamina C, e coloração da carposfera
- O tecido das pimentas avaliadas apresentou-se melhor estruturado com o tratamento dos fosfitos a base de cálcio, onde se observou melhor organização da epiderme
- Os fosfitos Phi Ca, Phi CaB e Phi K aplicados em pré-colheita contribuíram para manutenção estrutural dos tecidos das pimentas ‘Dedo-de-moça’ e ‘Malagueta’ em pós-colheita e reduziram a incidência da doença com infecção iniciada no campo, nas condições do presente estudo.