

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SUL DE
MINAS GERAIS - IFSULDEMINAS**

Natália Moreira Mafra

**PRODUTOS ALTERNATIVOS NO MANEJO DO BOLOR VERDE EM PÓS-
COLHEITA DE LARANJA**

**Machado/MG
2020**

Natália Moreira Mafra

PRODUTOS ALTERNATIVOS NO MANEJO DO BOLOR VERDE EM PÓS-COLHEITA DE LARANJA

Dissertação apresentada ao IFSULDEMINAS, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Dalilla Carvalho Rezende

**Machado/MG
2020**

O77c

Mafra, Natália Moreira

Produtos alternativos no manejo do bolor verde em pós-colheita de laranja / Natália Moreira Mafra. -- Machado: [s.n.], 2020.
52 p.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Dalilla Carvalho Rezende.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Machado.
Inclui bibliografia

1.Citros. 2. Controle alternativo. 3. Qualidade físico-química. I Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Machado. II. Título.

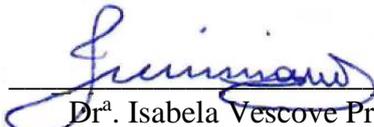
CDD: 634.3

Natália Moreira Mafra

PRODUTOS ALTERNATIVOS NO MANEJO DO BOLOR VERDE EM PÓS-COLHEITA DE LARANJA

Dissertação apresentada ao IFSULDEMINAS, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

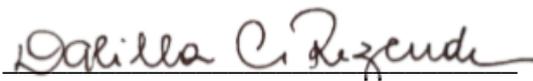
APROVADA em 31 de agosto de 2020



Dr^a. Isabela Vescove Primiano
Fundo de Defesa da Citricultura
(FUNDECITRUS)



Prof^a. Dr^a. Bianca Sarzi de Souza
IFSULDEMINAS *Campus* Machado



Prof^a. Dr^a. Dalilla Carvalho Rezende
IFSULDEMINAS *Campus* Machado

*À minha mãe, **Marilene**,
exemplo de amor, fé e perseverança.*

*Ao meu amado esposo, **Max**,
companheiro de vida e de sonhos.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante em meu caminho. Por realizar em minha vida infinitamente mais do que tudo o que sonhei e pedi.

À minha orientadora e amiga Profa. Dalilla, pelos inúmeros ensinamentos. Sua dedicação, história de vida e ética são inspiradoras e contribuíram para o meu crescimento. Obrigada pela confiança e por me desafiar a buscar novos conhecimentos.

Aos colegas do Grupo de Estudos e Pesquisas em Fitopatologia (GEPFITO) do IFSULDEMINAS *Campus* Machado, pela convivência, aprendizado, troca de experiências e pelo apoio na execução dos experimentos.

Ao Programa de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do IFSULDEMINAS *Campus* Machado pela oportunidade e aprendizado.

À Diretora de Desenvolvimento Institucional Aline Nachtigall e à Coordenadora de Pesquisa e Pós-Graduação Letícia Amaral, do IFSULDEMINAS *Campus* Machado, pelo apoio e por propiciarem as condições necessárias para a realização dos experimentos.

À Profa. Kátia Campos pelos ensinamentos, apoio e prontidão no esclarecimento de dúvidas.

Ao IFSULDEMINAS, em especial ao *Campus* Av. Carmo de Minas, pelo apoio, incentivo à qualificação e por proporcionarem as condições necessárias para me dedicar ao mestrado.

Ao professor e amigo Adriano Gajo, por ter despertado em mim o interesse pela pós-graduação, e todos os professores e amigos do Laboratório de Alimentos do IFSULDEMINAS *Campus* Av. Carmo de Minas, pelo apoio e pelos ensinamentos, os quais foram fundamentais para a concretização deste trabalho.

À Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação do IFSULDEMINAS pelo fomento à pesquisa.

Ao Grupo de Estudos Aplicados em Horticultura (GEAH) do IFSULDEMINAS *Campus* Machado, coordenado pelo Prof. Luiz Lessi, por cederem os frutos para realização dos experimentos.

À Acadian Seaplants e à Microquímica Tradecorp pelo fornecimento dos produtos para a pesquisa.

Àqueles que me receberam e acolheram de maneira tão carinhosa durante essa jornada: meus queridos familiares Mônica e Sr. Ernesto; as amigas da república, Ana Paula, Bruna, Larissa, Maria Júlia e Vanessa; minha parceira de laboratório Maria Eduarda.

A todos os amigos e familiares que, de alguma forma, participaram comigo nessa jornada, seja com orações e palavras de consolo nos momentos de dificuldades, seja com mensagens de alegria e comemorações nos momentos de conquistas.

Ao meu esposo Max, pelo companheirismo, incentivo, compreensão e amor incondicional.

Às minhas amigas-irmãs Betânia e Valéria, que sempre me incentivaram e que são exemplos para mim, de mulheres que encaram, corajosamente, o desafio de conciliar família, profissão e estudos.

Ao meu pai, José Maria (*in memoriam*), que me ensinou a serenidade em meio à adversidade, e à minha mãe, Marilene, que me ensinou a ter fé e dedicação; sem os quais, eu não teria chegado até aqui!

Muito obrigada!

“Cada descoberta nova da ciência é uma porta nova pela qual encontro mais uma vez Deus, o autor dela.”

Albert Einstein

RESUMO

A laranja representa a principal espécie cítrica cultivada no Brasil, cujo setor é forte e competitivo, principalmente no que tange à produção e exportação. Todavia, doenças pós-colheita ameaçam o setor, destacando-se o bolor verde causado pelo fungo *Penicillium digitatum*. O controle químico ainda é o método mais utilizado para o manejo da doença, contudo, o uso indiscriminado de fungicidas pode gerar impactos à saúde e ao meio ambiente, além de contribuir para a seleção de patógenos resistentes, comprometendo a eficácia do tratamento. Estes fatores despertam o interesse por estudos de produtos alternativos para o manejo de doenças pós-colheita. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de produtos alternativos no manejo do bolor verde em pós-colheita de laranja. Foram avaliados três produtos alternativos, disponíveis comercialmente: fosfito de potássio, extrato de alga *Ascophyllum nodosum* e fertilizante organomineral. Os produtos alternativos foram comparados com um produto convencional (fungicida sistêmico do grupo químico benzimidazol), registrado para o uso pós-colheita no tratamento do bolor verde em citros. Os experimentos foram divididos em três etapas, sendo estas: (1) avaliação do efeito *in vitro* dos produtos alternativos sobre a produção de massa fresca micelial do *P. digitatum*; (2) análise do potencial de controle do bolor verde nas laranjas tratadas com os produtos alternativos e (3) efeito dos produtos alternativos sobre a qualidade físico-química da laranja. Na primeira etapa, foram realizados quatro experimentos *in vitro*, sendo três para avaliar os produtos alternativos de maneira independente e, por último, o efeito dos produtos alternativos em comparação ao fungicida benzimidazol. Na segunda etapa, realizou-se experimento *in vivo* com laranjas 'Valência' previamente submetidas aos tratamentos e inoculadas posteriormente com o *P. digitatum*, com intuito de avaliar a incidência e a severidade do bolor verde nos frutos. Por último, foram avaliadas as características físico-químicas dos frutos submetidos aos tratamentos, quanto a cor da casca e polpa, firmeza da polpa, pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e ratio (SS/AT). Foi observado que o fosfito de potássio e o extrato de alga *A. nodosum* inibiram a produção de massa fresca micelial do *P. digitatum*, mas o fertilizante organomineral favorece o desenvolvimento *in vitro* do patógeno. O efeito inibitório *in vitro* do fosfito de potássio foi semelhante ao fungicida benzimidazol. Os produtos alternativos reduziram a incidência e a área abaixo da curva de progresso do bolor verde nas laranjas. O fosfito de potássio e o extrato de *A. nodosum* reduziram o número de ferimentos com bolor verde nos frutos, com efeito semelhante ao fungicida benzimidazol no 6º e 7º dias de avaliação. Houve pouca influência da aplicação dos produtos alternativos sobre as características físico-químicas das laranjas, que de maneira geral, se assemelharam ao controle ou ao fungicida benzimidazol. Conclui-se que os produtos alternativos avaliados possuem potencial para serem utilizados como ferramentas no manejo integrado do bolor verde em pós-colheita de laranja.

Palavras-chave: *Penicillium digitatum*; Citros; Controle alternativo; Qualidade físico-química.

ABSTRACT

The orange is the main species of citrus cultivated in Brazil. This agricultural sector is strong and competitive, especially regarding production and export. However, postharvest diseases are a threat, especially green mold, caused by the fungus *Penicillium digitatum*. Chemical control remains the most used method used to manage the disease, but the indiscriminate use of fungicides can impact human health and the environment, and contribute to the selection of resistant pathogens, compromising treatment effectiveness. These factors increase interest in research for alternative products to manage postharvest diseases. In this context, the objective of this work was to evaluate the effects of alternative products to manage green mold in postharvest oranges. Three commercially available alternative products were assessed, consisting of potassium phosphite, *Ascophyllum nodosum* algae extract, and organomineral fertilizer. The alternative products were compared with a conventional product (a systemic fungicide of the benzimidazole chemical group) registered for postharvest use to treat green mold in citrus. The experiments were divided into three stages: (1) evaluation of the *in vitro* effects of the alternative products on the production of fresh mycelial masses of *P. digitatum*; (2) analysis of the potential control of green mold in oranges with alternative products; and (3) the effects of alternative products on the physical-chemical quality of the fruit. Four *in vitro* experiments were conducted in the first stage, three to independently assess the alternative products, and one to test the effects of the alternative products compared to that of the benzimidazole fungicide. The second stage consisted of an *in vivo* experiment with Valencia oranges previously submitted to treatments and subsequently inoculated with *P. digitatum* to assess the incidence and severity of green mold in the fruits. Finally, the physicochemical characteristics of the fruits subjected to the treatments, such as the color of the skin and pulp, firmness of the pulp, pH, titratable acidity (TA), soluble solids (SS), and the SS/TA ratio were evaluated. Potassium phosphite and *A. nodosum* algae extract inhibited the production of fresh mycelial masses of *P. digitatum*, but the organomineral fertilizer favored the *in vitro* development of the pathogen. Potassium phosphite presented a similar inhibitory effect *in vitro* as the benzimidazole fungicide. Alternative products reduced the incidence and area below the green mold progress curve in oranges. Potassium phosphite and *A. nodosum* extract reduced the number of green mold lesions on the fruits, with an effect similar to that of benzimidazole fungicide on the 6th and 7th evaluation days. There was little influence of the application of alternative products on the physical and chemical characteristics of oranges, which generally resembled that of the control or the benzimidazole fungicide treatments. In conclusion, the alternative products evaluated could potentially be used as tools in the integrated management of green mold in postharvest oranges.

Key-words: *Penicillium digitatum*; Citrus; Alternative control; Physicochemical quality.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	11
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1. Citricultura.....	13
2.2. Bolor verde	14
2.3. Produtos alternativos para o manejo de doenças	16
2.3.1. Fosfito de potássio	16
2.3.2. Extratos de algas marinhas	17
2.3.3. Fertilizantes organominerais.....	18
3. REFERÊNCIAS.....	21
CAPÍTULO 2	26
PRODUTOS ALTERNATIVOS NO MANEJO DO BOLOR VERDE EM PÓS-COLHEITA DE LARANJA.....	26
1. INTRODUÇÃO	26
2. MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1. Efeito <i>in vitro</i> dos produtos alternativos sobre a produção de massa fresca micelial.....	29
2.2. Avaliação dos produtos alternativos no controle do bolor verde na laranja	30
2.3. Efeito dos produtos alternativos sobre a qualidade físico-química da laranja	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.1. Efeito <i>in vitro</i> dos produtos alternativos sobre a produção de massa fresca micelial	32
3.2. Avaliação dos produtos alternativos no controle do bolor verde na laranja	37
3.3. Efeito dos produtos alternativos sobre a qualidade físico-química da laranja	42
4. CONCLUSÕES	48
5. REFERÊNCIAS.....	49
APÊNDICES	52

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura é um setor de destaque no Brasil devido à diversidade de culturas produzidas em diferentes regiões, empregabilidade, geração de renda e participação na economia nacional. Dentre as frutas cultivadas no país, a laranja é significativa em volume de produção, sendo a maior parte destinada ao processamento de suco para exportação.

Doenças pós-colheita representam uma ameaça à fruticultura, pois comprometem a qualidade do fruto, reduzem a quantidade produzida e prejudicam os valores nutricionais e de mercado. Dentre aquelas que acometem os frutos cítricos, destaca-se o bolor verde causado pelo fungo *Penicillium digitatum*.

A ocorrência do bolor verde em citros tem relação com as condições de manejo e pós-colheita, pois a infecção tem início com a penetração do patógeno por meio de ferimentos na superfície do fruto. O fungo é rapidamente disseminado, pelo elevado número de esporos produzidos, que facilmente dispersam pelo ar e contaminam outros frutos.

O controle químico ainda é o método mais utilizado para controle de doenças em citros, entretanto, as substâncias utilizadas podem ter efeitos nocivos à saúde devido ao contato com agentes tóxicos durante a manipulação e a aplicação do produto e ao consumo de frutos com resíduos químicos acima dos limites toleráveis. O uso abusivo dessas substâncias pode gerar impactos ambientais e resistência dos patógenos aos fungicidas, o que compromete a eficácia do tratamento.

Os riscos à saúde e os impactos ambientais provocados pelo uso indiscriminado de agrotóxicos, bem como a resistência de patógenos a fungicidas, despertam o interesse por estudos de produtos alternativos para serem utilizados como ferramentas no manejo integrado de doenças, tanto no campo quanto no pós-colheita.

Nesse contexto, o fosfito de potássio é um composto comercializado e utilizado na agricultura como fertilizante foliar e que tem apresentado efeitos positivos no controle de doenças em plantas. Esta substância atua inibindo diretamente o desenvolvimento de patógenos e/ou induzindo mecanismos de defesa nas plantas (DALIO et al., 2012; ESHRAGHI et al., 2011; KING et al., 2010). Além disso, estudos têm demonstrado o potencial uso do fosfito de potássio no manejo de doenças pós-colheita em vegetais (ALEXANDRE et al., 2014; AMARAL et al., 2017; CERIONI et al., 2013; DEMARTELAERE et al., 2017; MAFRA et al., 2020; MELO, 2017; ROMA, 2013).

Por outro lado, produtos à base de extratos de algas marinhas têm sido empregados na agricultura como fertilizantes e bioestimulantes, representando uma forma alternativa de manejo ecológico. Além de proporcionarem crescimento às plantas, esses produtos têm efeitos positivos no controle de doenças, tanto no campo quanto no pós-colheita (DIAS, 2019; GOMES; SERRA, 2013; MAFRA, et al. 2020; MELO, 2017; RIBEIRO; SERRA; ARAÚJO, 2016). Dentre essas substâncias, destaca-se a alga *Ascophyllum nodosum* por sua abundância na natureza e pelo potencial de inibição de fitopatógenos (CARVALHO; CASTRO, 2014).

Já os fertilizantes organominerais são produtos oriundos de resíduos orgânicos associados aos minerais, que têm sido amplamente utilizados nos sistemas orgânicos de produção vegetal, como alternativa ao uso de fertilizante convencional. Estudos têm demonstrado que, além de contribuir na nutrição de plantas, esses compostos são indutores de resistência a doenças, uma vez que participam do sistema fisiológico ligado ao sistema de defesa das plantas e podem promover alterações na estrutura vegetal (AMARAL, 2008).

Considerando a importância econômica da citricultura no Brasil, a demanda por produtos alternativos no cultivo e pós-colheita de vegetais e a potencialidade do fosfito de potássio, extratos de alga e fertilizantes organominerais no controle de doenças em plantas, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito desses produtos alternativos como ferramentas no manejo do bolor verde em laranja pós-colheita.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Citricultura

O Brasil ocupa posição de destaque no mercado mundial de frutas, sendo considerado o terceiro maior produtor, ficando atrás somente da China e Índia (SEBRAE, 2015). Neste contexto, destaca-se também a citricultura brasileira, que detém a liderança mundial, gera empregos diretos e indiretos e contribui para o crescimento socioeconômico, principalmente na área rural (LOPES et al., 2011).

A laranja representa a principal espécie cítrica cultivada no país, cujo fruto é obtido da laranjeira (*Citrus sinensis*), uma árvore pertencente à família Rutaceae, gênero *Citrus*, espécie *sinensis*. A laranjeira começa a produzir frutos a partir do terceiro ano de cultivo, em condições ideais de clima e solo. Por ser um fruto não-climatérico, a colheita da laranja deve ser realizada somente após maturação, quando os frutos tendem a ser mais doces e menos ácidos (MATTOS JÚNIOR et al., 2005).

Os frutos são ricos em vitamina C, além de possuírem vitaminas A e do complexo B, bem como sais minerais, principalmente cálcio, potássio, sódio, fósforo e ferro (MATTOS JÚNIOR et al., 2005). Devido às características nutricionais e sensoriais, a laranja é comercializada tanto para o consumo *in natura* quanto para o processamento de suco.

O Brasil é considerado o maior produtor de laranjas desde os anos 80, e o maior exportador de suco de laranja concentrado e congelado (COSTA; MAIA; SAMPAIO, 2012). Cerca de 50 a 55% da produção nacional de laranja é destinada ao processamento de suco da fruta (LOPES et al., 2011). Em 2014, a exportação de suco de laranja pelo Brasil chegou a 1,9 milhão de toneladas (SEBRAE, 2015).

Apesar dos números expressivos de produção e exportação de frutas pelo Brasil, as doenças que acometem os frutos durante o cultivo e pós-colheita são as principais ameaças para o setor. Segundo Nascimento, Santos e Leonezi (2005), na produção de frutas, a média de perdas por falta de tratamentos pré e pós-colheita está entre 30% a 40% e o descarte de vegetais em torno de 7,5 a 10 milhões de toneladas por ano.

As doenças pós-colheita normalmente são iniciadas no campo e se desenvolvem nas demais etapas da cadeia produtiva devido às falhas no manuseio dos frutos durante as operações de colheita, transporte, processamento e armazenamento (KUPPER et al., 2013).

As perdas ocasionadas pela incidência de doenças nas lavouras, associada à presença de resíduos tóxicos nos frutos, constituem principais limitações de competitividade no mercado de exportação de frutas (FERREIRA; LÍRIO; MENDONÇA, 2010).

2.2. Bolor verde

O bolor verde causado pelo fungo *Penicillium digitatum* é a principal doença que afeta todas as espécies e variedades cítricas, sendo considerado o maior problema na fase de pós-colheita (FISCHER; LOURENÇO; AMORIM, 2008).

O *P. digitatum* é um fungo da classe dos ascomicetos, que penetra no fruto por meio de ferimentos na superfície do vegetal e possui enzimas capazes de dissolver o tecido do hospedeiro (NASCIMENTO; SANTOS; LEONEZI, 2005), provocando a podridão mole no fruto.

A podridão começa com uma mancha mole, aquosa, ligeiramente descolorida, que é facilmente recoberta por um micélio branco com numerosos esporos de coloração verde. O fruto é inteiro tomado pela massa de esporos que são facilmente dispersos no ar (FISCHER; LOURENÇO; AMORIM, 2008).

A ocorrência do bolor verde tem relação com as condições climatológicas e com as condições pós-colheita (PIATI; NOZAKI; SCHNEIDER, 2013). Danos mecânicos durante a manipulação dos frutos favorecem o desenvolvimento da doença, uma vez que o patógeno penetra por meio de ferimentos no tecido vegetal.

A elevada produção de esporos na superfície dos frutos provoca a disseminação da doença para os demais frutos, sendo abundante nos pomares e nos *packinghouses* (FISCHER; LOURENÇO; AMORIM, 2008).

Levantamento de incidência de doenças pós-colheita em laranjas comercializadas no mercado atacadista de São Paulo detectou média de incidência de bolor verde de 5,6; 10,0 e 14,6% em laranjas ‘Pêra’, ‘Lima’ e tangor ‘Murcott’, respectivamente, após 14 dias de armazenamento (FISCHER; LOURENÇO; AMORIM, 2008), o que evidencia a importância econômica desta doença.

Podridões pós-colheita podem ser reduzidas por meio do manejo cuidadoso dos frutos de maneira a prevenir injúrias, que tornam o tecido vegetal suscetível à infecção por patógenos. Outras medidas podem ser tomadas ao longo das etapas da cadeia produtiva, reduzindo a incidência de doenças, destacando-se: higienização dos frutos após a colheita;

higienização das caixas de colheita e de instalações de armazenamento e beneficiamento; uso de câmaras frias no armazenamento; transporte refrigerado; e aplicação de fungicidas em pós-colheita (FISCHER; LOURENÇO; AMORIM, 2008).

Os fungicidas do grupo benzimidazol e imidazol são os mais utilizados no Brasil, porém, possuem restrições de uso devido ao fato de selecionarem estirpes resistentes em função do seu uso contínuo. Em frutos para exportação, as restrições de uso dessas substâncias são ainda mais agravantes, devido às diferenças entre as legislações dos países em relação à aceitação do fungicida e a concentração de resíduos tolerada (TOFFANO et al., 2012).

Nesse contexto, substâncias naturais têm sido empregadas em diversos estudos para avaliar seu potencial em inibir o fungo *P. digitatum* e controlar o bolor verde em citros. Perez-Alfonso et al. (2012) analisaram os compostos carvacrol e tymol (constituintes de óleos de orégano e tomilho) e verificaram inibição *in vitro* de *P. digitatum*, bem como redução de podridões em limão quando tratado pós-colheita com os óleos incorporados à cera.

Yahyazadeh et al. (2008) constataram que os óleos de tomilho e cravo inibiram o crescimento micelial de *P. digitatum*. O óleo de tomilho também teve efeito fungicida no controle do bolor verde em laranja ‘Valência’ (FATEMI et al., 2011). Piatì et al. (2013) avaliaram o efeito *in vitro* do óleo essencial de eucalipto sobre o crescimento micelial, produção e germinação dos esporos de *P. digitatum* e constataram eficiente inibição do fungo em doses superiores a 0,25%.

Além dessas substâncias, destacam-se também o fosfito de potássio, os extratos de algas marinhas e os fertilizantes organominerais. Essas substâncias desencadeiam mecanismos de defesa no vegetal (DALIO et al., 2012; ESHRAGHI et al., 2011; AMARAL, 2008; PERUCH et al., 2007;) sendo, portanto, alternativas promissoras para o controle de doenças no pós-colheita de frutas.

2.3. Produtos alternativos para o manejo de doenças

2.3.1. Fosfito de potássio

Os fosfitos são compostos produzidos a partir da reação do ácido fosforoso (H_3PO_3) com hidróxido de potássio, de sódio ou amônio, obtendo-se os sais de fosfitos (BRACKMANN et al., 2008).

Produtos à base de fosfitos são comercializados para diversas culturas como fertilizantes, indutores de resistência, ativadores de plantas, bioestimulantes ou fungicidas. Além disso, são de baixo custo e não apresentam toxicidade às plantas e aos mamíferos (DALIO et al., 2012).

As propriedades fungicidas apresentadas pelos fosfitos, no controle de doenças em plantas têm sido estudadas desde a década de 70 (DALIO et al., 2012). Os efeitos diretos do fosfito sobre os fitopatógenos estão relacionados com as alterações no metabolismo do micro-organismo. Estudos revelaram que, as células de patógenos expostos a fosfitos exibem alterações na expressão de genes que codificam proteínas envolvidas na síntese da parede celular, síntese de aminoácidos, metabolismo proteico, metabolismo energético, detoxificação de compostos tóxicos e estresse oxidativo, comprometendo a morfologia e a fisiologia do micro-organismo (KING et al., 2010).

O tratamento com fosfito tem levado algumas espécies de plantas a potencializar a produção e ação de enzimas associadas ao sistema de defesa, bem como no aumento de compostos fenólicos e fitoalexinas no sítio de infecção, levando à redução significativa na doença após a inoculação com o patógeno (DALIO et al., 2012; ESHRAGHI et al., 2011).

Os fosfitos são usados no controle de doenças de fruteiras de clima temperado, como exemplo, no míldio (*Plasmopara viticola*) da videira (PERUCH; BRUNA, 2008) e na sarna (*Venturia inaequalis*) da macieira (ARAÚJO et al., 2008).

Além dos efeitos do fosfito no controle de doenças em plantas, estudos têm demonstrado que esses compostos também são eficientes no controle de doenças pós-colheita. Ferraz et al. (2016) avaliaram o efeito de fosfitos sobre a incidência da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) na fase pós-colheita de goiabas, provenientes de cultivos convencional e orgânico, e constataram que o fosfito de potássio foi capaz de reduzir a severidade da antracnose nos frutos.

Há relatos também do uso de fosfito de potássio no controle do bolor verde (*P. digitatum*) e azul (*P. italicum*) em limão (CERIONI et al., 2013); da podridão (*Penicillium* sp.) em maçã (BLUM et al., 2007; SAUTTER et al.; 2008); da antracnose (*C. tamarilloi*) em jiló (ALEXANDRE et al., 2014); da antracnose (*C. gloeosporioides*) em manga (MELO, 2017); da podridão mole (*Rhizopus stolonifer*), mofo cinzento (*Botrytis cinerea*) e podridão (*C. gloeosporioides*) em uva (ROMA, 2013); e da antracnose (*C. gloeosporioides*) (LOPES, 2008; DEMARTELAERE et al., 2017), podridão peduncular (*Lasiodiplodia theobromae*) (AMARAL et al., 2017) e podridões oriundas do campo (MAFRA et al., 2020) em mamão.

Neste contexto, devido ao baixo custo, ausência de toxicidade e efetivo controle de doenças nas plantas, o emprego do fosfito de potássio tem sido considerado alternativa promissora na agricultura, sendo um produto potencial para uso no controle de doenças pós-colheita.

2.3.2. Extratos de algas marinhas

Os extratos de algas são substâncias naturais que têm sido amplamente utilizadas na agricultura como fertilizantes e bioestimulantes, contribuindo para o desenvolvimento das plantas, mesmo sob condições adversas de cultivo (CARVALHO; CASTRO, 2014). Segundo Khan et al. (2009), 15 milhões de toneladas métricas de algas marinhas são colhidas anualmente e são utilizadas como agentes estimulantes na agricultura.

Os produtos derivados de extratos de algas são produzidos principalmente a partir de espécies marinhas (CARVALHO; CASTRO, 2014), que habitam em ambientes com condições extremas. Em resposta ao meio, essas espécies desenvolveram mecanismos de defesa, como a produção de substâncias biologicamente ativas, principalmente terpenos e fenóis (PERES et al., 2012).

Dessa forma, considera-se que os extratos de algas também são agentes antiestressantes, pois estimulam a atividade de enzimas do sistema antioxidante das plantas e, por consequência, aumentam a tolerância do vegetal frente as condições ambientais adversas e a recuperação após o estresse (NAIR et al., 2012). Khan et al. (2009) afirmam que, mesmo em baixas concentrações, os produtos à base de extratos de algas contribuem para o desenvolvimento do vegetal.

Ascophyllum nodosum (L.) Le Jolis é uma espécie de alga marinha, de coloração marrom, abundante na natureza. Os extratos dessa alga possuem aminoácidos,

oligossacarídeos e compostos não identificados, com atividade similar aos hormônios vegetais e que também podem estimular sua produção nas plantas (KHAN et al., 2009).

Estudos têm buscado avaliar o efeito do extrato de *A. nodosum* na inibição de patógenos em plantas. Jayaraj et al. (2008) constataram que a pulverização de solução contendo 0,2% de extrato comercial de *A. nodosum* em folhas de cenoura diminuiu a severidade de doenças causadas por *Alternaria radicina* e *Botrytis cinerea*. Neste mesmo estudo, verificou-se incremento da atividade de várias enzimas (quitinase, peroxidase, polifenol oxidase, fenilalanina amônia-ase e lipoxigenase) e da expressão de genes relacionados ao combate às doenças.

A combinação de pulverização foliar e irrigação de 0,5% de extrato comercial de *A. nodosum* em plantas de pepino foi eficiente no controle de doenças causadas por *Alternaria cucumerinum*, *Didymella applanata*, *Fusarium oxysporum* e *Botrytis cinerea*. Também foi constatado aumento da atividade de enzimas (quitinase, peroxidase, polifenol oxidase, fenilalanina amônia-ase e lipoxigenase) e a expressão de genes relacionados à defesa vegetal (JAYARAMAN; NORRIE; PUNJA, 2010).

Pesquisadores de São Paulo estudaram a atividade antifúngica de 10 espécies de algas marinhas. Dentre os resultados encontrados, a *A. nodosum* inibiu o crescimento *in vitro* de *Colletotrichum lagenarium*, uma das espécies de fungos causadores da antracnose (PERES et al., 2012).

Há estudos que também avaliaram o efeito do extrato da alga *A. nodosum* no controle de doenças pós-colheita, como a antracnose causada pelo fungo *C. gloeosporioides* em pimenta (GOMES; SERRA, 2013), em manga (MELO, 2017) e em mamão (DIAS, 2019; RIBEIRO; SERRA; ARAÚJO, 2016), e de doenças causadas por infecções oriundas do campo em mamão (MAFRA, et al. 2020).

Portanto, os extratos de algas marinhas constituem alternativa promissora para o controle de patógenos em frutos no pós-colheita, em substituição aos fungicidas sintéticos convencionais (AL-SAMARRAI; SINGH; SYARHABIL, 2013), sendo seu uso permitido para o manejo de doenças nos sistemas orgânicos de produção vegetal (BRASIL, 2011).

2.3.3. Fertilizantes organominerais

O fertilizante organomineral foliar é o produto de natureza fundamentalmente orgânica que se destina à aplicação na parte aérea das plantas. Este produto pode ser classificado em

quatro categorias, de acordo com as matérias-primas utilizadas na sua produção: Classe "A", oriundo de matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não são utilizados, no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos; Classe "B", produzido com matéria-prima oriunda de processamento industrial ou da agroindústria, onde metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo; Classe "C", produzido com matéria-prima oriunda de lixo domiciliar; e Classe "D", produzido com matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários (BRASIL, 2009).

A tecnologia dos fertilizantes organominerais tem representado uma alternativa para a destinação de resíduos orgânicos gerados nos sistemas de produção vegetal e animal. No Brasil, anualmente são produzidos cerca de 8 milhões de toneladas de cama de aviário e mais de 100 milhões de m³ de dejetos líquidos de suínos. Esses resíduos somados contêm cerca de 680 mil toneladas de nitrogênio (N), 660 mil toneladas de pentóxido de fósforo (P₂O₅) e 440 mil toneladas de óxido de potássio (K₂O), o que representam aproximadamente 27%, 21% e 12% do total anual consumido de N, P e K pela agricultura brasileira, respectivamente (EMBRAPA, 2019).

Além do reaproveitamento e agregação de valor aos resíduos orgânicos, a utilização de fertilizante organomineral pode ser uma alternativa ao uso de fertilizantes convencionais. De acordo com os constituintes presentes na composição do produto, o fertilizante organomineral pode ser aceito em sistemas orgânicos de produção, desde que atenda a Instrução Normativa n° 46, de 6 de outubro de 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2011).

Além da nutrição mineral, o fertilizante organomineral pode proporcionar alterações nas plantas (dependendo dos elementos presentes no produto), que influenciam de maneira direta ou indireta na intensidade de doenças, tais como, aumento da espessura da parede celular e cutículas, silificação e lignificação dos tecidos, bem como a síntese e acúmulo de compostos fenólicos com propriedades fungistáticas (AMARAL, 2008).

Em estudo realizado por Amaral (2008), avaliou-se o efeito de extratos vegetais e a mistura dos mesmos com cobre e manganês na severidade da cercosporiose em mudas de café (*Cercospora coffeicola*). Os autores concluíram que a utilização do extrato proveniente de folhas de café infectadas com ferrugem, associado ao sulfato de cobre (0,29 g.L⁻¹) e ao cloreto de potássio (0,435 g.L⁻¹), apresentam potencial no controle da cercosporiose do café, além de proporcionarem bom desenvolvimento da cultura.

Santin (2012) avaliou o efeito de biofertilizantes, fertilizantes organominerais e indutores de resistência sobre o controle da requeima (*Phytophthora infestans*) no verão e do vira-cabeça (*Tospovirus*) no inverno, bem como a produtividade de cultivares de tomate tipo mesa, em sistemas de adubação convencional e organomineral. Em relação ao controle de doenças, o tratamento com fertilizante organomineral apresentou pouco efeito de controle. Entretanto, a adubação organomineral possibilitou altos índices de produtividade do tomateiro de mesa, tanto no verão quanto no inverno.

Em plantas cítricas de tangerina “Ponkan”, o emprego de fertilizante organomineral promoveu redução significativa dos sintomas de mancha marrom de alternaria (*Alternaria alternata*) em relação à planta testemunha. Quando em conjunto com o controle biológico (*Trichoderma* spp. e *Bacillus subtilis*), o fertilizante organomineral favoreceu o crescimento dos agentes biológicos, obtendo-se melhores resultados em relação aos tratamentos que utilizaram o fertilizante e os agentes biológicos isoladamente (PORTO, 2016).

O fertilizante organomineral também reduziu significativamente o índice de postura da mosca branca em feijoeiro, tratado com duas e três aplicações de fertilizante por fertirrigação, na concentração de 0,5% (ALMEIDA et al., 2008).

Estudos acerca do fertilizante organomineral no controle de doenças em pós-colheita são escassos na literatura, entretanto, os resultados desses trabalhos demonstram seu potencial na indução de resistência de vegetais a doenças.

3. REFERÊNCIAS

- AL-SAMARRAI, G. F.; SINGH, H.; SYARHABIL, M. Extracts some plants on controlling green mold of orange and on postharvest quality parameters. **World Applied Sciences Journal**, Faisalabad, v. 22, n. 4, p. 564-570, 2013.
- ALEXANDRE, E. R.; HERCULANO, L. M.; SILVA, J. M.; OLIVEIRA, S. M. A. Fosfitos no manejo da antracnose do jiló. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 12, p.930-938, 2014.
- ALMEIDA, G. D.; PRATISSOLI, D.; HOLTZ, A. M.; VICENTINI, V. B. Fertilizante organomineral como indutor de resistência contra a colonização da mosca branca do feijoeiro. **Idesia**, Chile, v. 26, n. 1, p. 29-32, jan-abril, 2008.
- 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 end rot in papaya. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 30, n. 3, p. 786-793, 2017.
- AMARAL, D. R. **Formulações de extratos vegetais e micronutrientes na indução de resistência em mudas de cafeeiro contra *Cercospora coffeicola***. 2008. 92 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2008.
- ARAÚJO, L.; STADNIK, M. J.; BORSATO, L. C.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. Fosfito de Potássio e ulvana no controle da mancha foliar da gala em macieira. **Tropical Plant Pathology**, Brasília-DF, v. 33, n. 2, p. 148-152, 2008.
- 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 o mofo-azul em maçãs ‘Fuji’ e ‘Gala’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 29, n. 2, p. 265-268, 2007.
- BRACKMANN, A.; GIEHL, R. F. H.; SESTARI, I.; WEBER, A.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A. C. Controle de podridões em maçãs ‘Fuji’ Frigoconservadas com a aplicação de fosfitos e cloretos de benzalcônio em pré e pós-colheita. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.15, n.2, p. 35-43, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa n° 25, de 23 de julho de 2009**. Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 jul. 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa n° 46, de 6 de outubro de 2011**. Regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 out. 2011.
- CARVALHO, M. E. A.; CASTRO, P. R. de C. **Extratos de algas e suas aplicações na agricultura**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2014. 58 p.

CERIONI, L.; SEPULVEDA, M.; RUBIO-AMES, Z.; VOLENTINI, S. I.; RODRÍGUEZ-MONTELONGO, L.; SMILANICK, J. L.; RAMALLO, J.; RAPISARDA, V.A. Control of lemon postharvest diseases by low-toxicity salts combined with hydrogen peroxide and heat. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 83, p. 17-21, 2013.

COSTA, C. K. F.; MAIA, S. F.; SAMPAIO, L. M. B. Exportações brasileiras de suco de laranja e subsídios americanos: uma análise empírica de estratégias comerciais (1991-2006). **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba-SP, v. 50, n. 1, p. 83-106, 2012.

DALIO, R. J. D.; RIBEIRO JUNIOR, P. M.; RESENDE, M. L. V.; SILVA, A. C.; BLUMER, S.; PEREIRA, V. F.; OSSWALD, W.; PASCHOLATI, S. F. O triplo modo de ação dos fosfitos em plantas. In: LUZ, W.C. (Org.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas - RAPP**, Passo Fundo, v. 20, p. 206-242, 2012.

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.

DIAS, L. R. C. **Regulação da explosão oxidativa, qualidade fisiológica de mamões e efeito in vitro do extrato da alga marinha *Ascophyllum nodosum* sobre o fungo *Colletotrichum* sp.** 2019. 131f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, MA, 2019.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Fertilizante organomineral**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/biogasfert/fertilizantes/fertilizante-organomineral>>. Acesso em: 29 maio 2019.

ESHRAIGHI, L.; ANDERSON, J.; ARYAMANESH, N.; SHEARER, B.; MCCOMB, J.; HARDY, G. E. S.; O'BRIEN, P. A. Phosphite primed defence responses and enhanced expression of defence genes in *Arabidopsis thaliana* infected with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, London, v. 60, p. 1086-1095, 2011.

FATEMI, S.; JAFARPOUR, M.; EGHBALESAIED, S.; REZAPOUR, A.; BORJI, H. Effect of essential oils of *Thymus vulgaris* and *Mentha piperita* on the control of green mould and postharvest quality of *Citrus Sinensis* cv. Valencia. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 10, n. 6, p. 14932-14936, 2011.

FERRAZ, D. M. M.; BLUM, L. E. B.; BARRETO, M. L. A.; UESUGI, C. H.; PEIXOTO, J. R.; CRUZ, A. F. Fosfito no controle da antracnose e qualidade pós-colheita de goiaba em cultivo convencional e orgânico. **Revista de Agricultura**, v. 91, n. 3, p. 249 - 264, 2016.

FERREIRA, M. D. P.; LÍRIO, V. S.; MENDONÇA, T. G. de. Análise do perfil e grau de incidência de barreiras não-tarifárias sobre as exportações brasileiras de frutas selecionadas. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza-CE, v. 41, n. 4, p. 683-698, 2010.

FISCHER, I. H.; LOURENÇO, S. A.; AMORIM, L. Doenças pós-colheita em citros e caracterização da população fúngica ambiental no mercado atacadista de São Paulo. **Tropical Plant Pathology**, Brasília-DF, v. 33, n. 3, p. 219-226, 2008.

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.

JAYARAJ, J.; WAN, A.; RAHMAN, M.; PUNJA, Z. K. Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 27, n. 10, p. 1360-1366, 2008.

JAYARAMAN, J.; NORRIE, J.; PUNJA, Z. K. Commercial extract from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* reduces fungal diseases in greenhouse cucumber. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v. 23, p. 353-361, 2010.

KHAN, W.; RAYIRATH, U. P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M. N.; RAYORATH, P.; HODGES, D. M.; CRITCHLEY, A. T.; CRAIGIE, J. S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 28, p. 386-399, 2009.

KING, M.; REEVE, W.; VAN DER HOEK, M. B.; WILLIAMS, N.; MCCOMB, J.; O'BRIEN, P.A.; HARDY, G.E.S.J. Defining the phosphite-regulated transcriptome of the plant pathogen *Phytophthora cinnamomi*. **Molecular Genetics & Genomics**, Berlin, v. 284, p. 425-435, 2010.

KUPPER, K. C.; CERVANTES, A. L. L.; KLEIN, M. N.; SILVA, A. C. Avaliação de microrganismos antagonistas, *Saccharomyces cerevisiae* e *Bacillus subtilis* para o controle de *Penicillium digitatum*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 35, n. 2, p. 425-436, 2013.

LOPES, J. M. S.; DÉO, T. F. G.; ANDRADE, B. J. M.; GIROTO, M.; FELIPE, A. L. S.; JUNIOR, C. E. I.; BUENO, C. E. M. S.; SILVA, T. F.; LIMA, F. C. C. Importância econômica do citros no Brasil. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça-SP, v. 20, 2011.

LOPES, L. F. **Efeito de aplicações pós-colheita de fosfitos, ácido acetilsalicílico e 1-metilciclopropeno sobre a antracnose do mamoeiro**. 2008. 82f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.

MAFRA, N. M.; REIS, C. S.; MARTINS, F. A.; MACHADO, L. F. C.; DUARTE, B. C.; NAVES, M. E. F.; REZENDE D. C. Produtos alternativos para o manejo de doenças em frutos de mamoeiro pós-colheita. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-PR, v. 6, n. 3, 2020.

MATTOS JÚNIOR, D.; NEGRI, J. D. de; PIO, R. S; POMPEU JUNIOR, J. **Citros: principais informações e recomendações de cultivo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, Boletim Técnico 200, p. 19-36, 2005.

MELO, T. A. **Efeito do extrato da alga marinha *Ascophyllum nodosum* e do fosfito de potássio na morfofisiologia do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, na indução de resistência em mangas 'Tommy Atkins' contra a antracnose e em características físicas e**

químicas desses frutos. 2017. 150f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2017.

NAIR, P.; KANDASAMY, S.; ZHANG, J.; JI, X.; KIRBY, C.; BENKEL, B.; HODGES, M. D.; CRITCHLEY, A. T.; HILTZ, D.; PRITHIVIRAJ, B. Transcriptional and metabolomic analysis of *Ascophyllum nodosum* mediated freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **BMC Genomics**, London, v. 13, p. 643, 2012.

NASCIMENTO, L. M.; SANTOS, E. J.; LEONEZI, A. L. Eficiência da aplicação de diferentes doses de fungicidas em lima ácida tahiti, laranja pêra e tangomurcott para o controle de *Penicillium digitatum*. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Cidade do México, v.7, n.1, p. 41-47, 2005.

PERES, J. C. F.; CARVALHO, L. R.; GONÇALEZ, E.; BERIAN, L. O. S.; FELICIO, J. D. Evaluation of antifungal activity of seaweed extracts. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 36, n. 3, p. 294-299, 2012.

PÉREZ-ALFONSO, C. O.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; ZAPATA, P. J.; SERRANO, M.; VALERO, D.; CASTILLO, S. The effects of essential oils carvacrol and thymol on growth of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* involved in lemon decay. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 158, p. 101–106, 2012.

PERUCH, L. A. M.; BRUNA, M. B. Relação entre doses de calda bordalesa e de fosfito potássico na intensidade do míldio e na produtividade da videira cv. ‘Goethe’. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 38, n. 9, p. 2413-2418, 2008.

PERUCH, L. A. M.; MEDEIROS, A. M. de; BRUNA, E. D.; STADINIK, M. Biomassa cítrica, extrato de algas, calda bordalesa e fosfitos no controle do míldio da videira, cv. Niágara Branca. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages-SC, v. 6, n. 2, p. 143-148, 2007.

PIATI A.; NOZAKI M. de H.; SCHNEIDER C. F. Efeito do óleo essencial de eucalipto sobre *Penicillium digitatum*. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba-PR, v. 11, supl. 2, p. 19-26, 2013.

PORTO, B. L. **Avaliação do potencial de controle biológico da mancha marrom de alternaria com *Trichoderma spp.*, *Bacillus subtilis* e fertilizante organomineral.** 2016. 54f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, 2016.

RIBEIRO, J. G.; SERRA, I. M. R. S.; ARAÚJO, M. U. P. Uso de produtos naturais no controle de antracnose causado por *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 42, n. 2, p. 160-164, 2016.

SANTIN, M. R. **Uso de fertilizantes organo-minerais e indutores de resistência no desempenho agrônomo do tomateiro estaqueado.** 2012. 114f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

SAUTTER, C. K.; STORCK, L.; RIZZATTI, M. R., MALLMANN, C. A.; BRACKMANN. Síntese de trans-resveratrol e controle de podridão em maçãs com uso de elicitores em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 9, p. 1097-1103, 2008.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Agronegócio: Fruticultura. Boletim de Inteligência, out. 2015. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br>>. Acesso em: 26 de agosto de 2019.

TOFFANO, L.; FISCHER, I. H.; BLUMER, S.; PASCHOLATI, S. F. Potencial do flavedo (epicarpo) de *Citrus aurantifolia* cv. Tahiti no controle do bolor verde e da antracnose em citros. **Summa Phytopathologica**, Botucatu-SP, v. 38, n. 1, p. 61-66, 2012.

YAHYAZADEH, M.; OMIDBAIGI, R.; ZARE, R.; TAHERI, H. Effect of some essential oils on mycelial growth of *Penicillium digitatum* Sacc. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 24, p. 1445-1450, 2008.

CAPÍTULO 2

PRODUTOS ALTERNATIVOS NO MANEJO DO BOLOR VERDE EM PÓS-COLHEITA DE LARANJA

RESUMO

O bolor verde, causado pelo fungo *Penicillium digitatum*, é o principal problema na fase de pós-colheita em laranjas, causando perdas expressivas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de produtos alternativos no manejo do bolor verde em pós-colheita de laranja. Foram realizados quatro experimentos *in vitro*: três para avaliar o efeito de diferentes concentrações de cada produto alternativo (fosfito de potássio, extrato de alga *Ascophyllum nodosum* e fertilizante organomineral) sobre a produção de massa fresca micelial do *P. digitatum*; e o quarto para avaliar o efeito dos produtos alternativos em comparação ao produto convencional (fungicida benzimidazol). Posteriormente, laranjas ‘Valência’ foram submetidas aos tratamentos: água destilada (controle inoculado e não-inoculado), fosfito de potássio, extrato de alga *A. nodosum*, fertilizante organomineral e fungicida benzimidazol. Os frutos foram inoculados com o *P. digitatum* e avaliados diariamente quanto à incidência e severidade do bolor verde, ao longo de sete dias. Além disso, avaliou-se o efeito dos tratamentos sobre a qualidade físico-química dos frutos, nos seguintes atributos: cor da casca e polpa, firmeza da polpa, pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e ratio (relação SS/AT). O fosfito de potássio e o extrato de *A. nodosum* inibiram o desenvolvimento *in vitro* do *P. digitatum*. Os produtos alternativos reduziram a incidência e severidade do bolor verde da laranja, sem comprometer a qualidade físico-química dos frutos. Portanto, os produtos avaliados podem ser utilizados no tratamento pós-colheita de laranjas e são considerados alternativas promissoras para o manejo do bolor verde.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de laranja e o maior exportador de suco concentrado da fruta. A produção nacional atingiu valores expressivos na safra de 2019-2020, com mais de 18,3 milhões de toneladas, sendo a região sudeste a principal produtora, contribuindo com 15,5 milhões de toneladas produzidas (IBGE, 2020). Apesar dos números expressivos de produção, um dos principais entraves na comercialização deste produto são as perdas pós-colheita.

De maneira geral, a durabilidade pós-colheita de frutas e hortaliças é um desafio. As características do material vegetal associadas às condições inadequadas de manejo nas diversas etapas da cadeia produtiva podem causar alta incidência de doenças, o que afeta a qualidade e a vida de prateleira dos produtos (ROMA-ALMEIDA, REZENDE, PASCHOLATI; 2019). De acordo com a FAO (Organização das Nações Unidas para

Alimentação e Agricultura), todos os anos um terço da produção mundial de alimentos é perdida ou desperdiçada, do qual 45% são de frutas e vegetais (FAO, 2019).

Na citricultura, o bolor verde causado pelo fungo *Penicillium digitatum* é considerado o maior problema na fase de pós-colheita, resultando em perdas expressivas. Essa doença tem relação com as condições de manejo dos frutos, pois a penetração do patógeno ocorre a partir de ferimentos na superfície do vegetal. O primeiro sinal é uma mancha mole, aquosa, ligeiramente descolorida, que posteriormente é recoberta por numerosos esporos de coloração verde, facilmente dispersos pelo ar, o que facilita a disseminação da doença para os demais frutos (FISCHER; LOURENÇO; AMORIM, 2008).

O controle do bolor verde deve ser realizado no campo e nas etapas de pós-colheita, por meio de práticas que visam à redução do patógeno e ao manejo cuidadoso dos frutos para evitar a ocorrência de ferimentos. Para o tratamento químico, são recomendados os fungicidas do grupo benzimidazol e imidazol (AGROFIT, 2019), entretanto, essas substâncias podem gerar impactos na saúde e no meio ambiente devido à presença de resíduos nos frutos, além da possibilidade de selecionarem patógenos resistentes em função do uso contínuo.

Devido à demanda atual por uma produção mais sustentável, estudos de produtos alternativos no controle de doenças tornam-se fundamentais para ampliar a possibilidade de novas ferramentas no manejo integrado.

Os fosfitos são compostos inicialmente comercializados como fertilizantes foliar. Atualmente, diversas formulações podem ser encontradas no mercado, com produtos destinados a diferentes aplicações, como indutores de resistência, ativadores de plantas, bioestimulantes ou fungicidas. A concentração de fosfito varia entre as fontes disponíveis comercialmente mas, em geral, produtos indicados para o controle de doenças têm maior teor de PO_4^{3-} ou de fosfito do que fertilizantes (ROMA-ALMEIDA, REZENDE, PASCHOLATI; 2019). A ação fungicida e de indução de resistência tem sido atribuída aos fosfitos devido à capacidade desses compostos de influenciar negativamente no desenvolvimento dos fitopatógenos, podendo agir de forma direta ou indireta. Na forma direta, esses compostos inibem a germinação do esporo fúngico, o crescimento micelial e a penetração no tecido vegetal. Na forma indireta, estimulam mecanismos de resistência na planta, como a produção de lignina, fitoalexina e enzimas hidrolíticas (BRACKMANN et al., 2008).

Extratos de algas marinhas são substâncias naturais obtidas de espécies que habitam em ambientes com condições extremas, e em resposta ao meio, desenvolveram mecanismos de defesa, como a produção de substâncias biologicamente ativas (PERES et al., 2012).

Produtos derivados de extratos de algas têm sido utilizados na agricultura, devido aos seus efeitos diretos e indiretos no controle de doenças nas plantas. Os efeitos diretos compreendem a redução total ou parcial do desenvolvimento de micro-organismos patogênicos, e a promoção do desenvolvimento de micro-organismos benéficos, que contribuem para o desenvolvimento vegetal ou são antagonistas aos agentes patogênicos. Os efeitos indiretos estão relacionados ao estímulo de mecanismos de resposta vegetal ao estresse, como a síntese e aumento da atividade enzimática, síntese de hormônios e de compostos de defesa (CARVALHO; CASTRO, 2014).

Fertilizantes organominerais são produzidos a partir de resíduos orgânicos oriundos dos sistemas de produção vegetal e animal. Além de propiciarem nutrição às plantas, têm demonstrado benefícios associados à indução de resistência a doenças, por estimular a síntese e acúmulo de compostos fenólicos com propriedades fungistática. Determinados nutrientes, quando presentes nesses produtos, atuam como co-fatores de enzimas que participam de diversas rotas metabólicas de defesa das plantas. A nutrição mineral também proporciona outras alterações estruturais nas plantas, tais como, aumento da espessura da parede celular, silificação e lignificação dos tecidos, evitando ou atrasando a entrada do patógeno em seus tecidos (AMARAL, 2008).

Devido à potencialidade desses produtos alternativos no controle de doenças em plantas, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito do fosfito de potássio, extrato de alga *Ascophyllum nodosum* e fertilizante organomineral no manejo do bolor verde em pós-colheita de laranja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fitopatologia (ensaios *in vitro* e *in vivo*) e no Laboratório de Bromatologia (análises físico-químicas) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), *Campus Machado*.

O *P. digitatum* foi isolado a partir de frutos sintomáticos coletados no comércio da região. Após isolamento, foi mantido em meio BDA (Ágar Batata Dextrose) a 25°C, em incubadora tipo B.O.D., a fim de propiciar condições para o seu desenvolvimento.

Foram utilizados três produtos alternativos, disponíveis comercialmente: fosfito de potássio, extrato de alga *A. nodosum* e fertilizante organomineral. O fosfito de potássio é um

produto comercial que possui 20% de K_2O , com densidade de $1,42 \text{ g.mL}^{-1}$. O produto à base de extrato de alga *A. nodosum* é uma formulação SL (Suspensão Líquida) com 100% de concentração de extrato da alga, equivalente a 48% de matéria seca. O fertilizante é um produto denominado fertilizante organomineral classe “A” via foliar, que possui 8,5% de carbono orgânico total, 6% de nitrogênio, 2,5% de molibdênio e 0,15% de cobalto, produzido a partir das seguintes matérias-primas: uréia, molibdato de sódio, sulfato de cobalto, resíduo de fermentação de glutamato monossódico e água.

Os produtos alternativos foram comparados com um produto convencional. Foi utilizado um fungicida sistêmico do grupo químico benzimidazol, registrado para o uso em laranja pós-colheita, que possui em sua composição o tiabendazol (2-(thiazol-4-yl) benzimidazole) na concentração de 485 g.L^{-1} (48,5% m/v).

2.1. Efeito *in vitro* dos produtos alternativos sobre a produção de massa fresca micelial

Foram realizados três ensaios *in vitro* para avaliar a produção de massa fresca micelial do *P. digitatum* submetido a diferentes dosagens dos produtos alternativos: fosfito de potássio (0; 5; 10; 20 e 30 mL.L^{-1}); extrato de alga *A. nodosum* (0; 25; 50; 75 e 100 mL.L^{-1}); e fertilizante organomineral (0; 3; 10; 15 e 20 mL.L^{-1}). A partir dos resultados obtidos, foi calculada a dose ideal de cada produto alternativo e, em seguida, realizado o quarto experimento *in vitro* com o intuito de compará-los ao produto convencional (fungicida benzimidazol), aplicando-se os seguintes tratamentos: controle (0 mL.L^{-1}); fosfito de potássio ($19,5 \text{ mL.L}^{-1}$); extrato de alga *A. nodosum* ($91,5 \text{ mL.L}^{-1}$); fertilizante organomineral (3 mL.L^{-1}) e fungicida benzimidazol na dosagem indicada pelo fabricante para o tratamento pós-colheita do bolor verde em citros ($10,3 \text{ mL.L}^{-1}$).

Em todos os ensaios *in vitro* foi utilizada a mesma metodologia. Em frascos erlenmeyers contendo 100 mL de meio líquido batata-dextrose autoclavado, foram pipetados volumes para obtenção das concentrações dos produtos alternativos, e posteriormente, inseridos três discos (5mm) de micélio oriundos de colônias com 7 dias de idade do *P. digitatum*. O material foi mantido sob agitação constante por 5 dias à 80 rpm e temperatura de 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$). Ao fim dos experimentos, o micélio do patógeno foi separado do meio líquido com auxílio de bomba a vácuo e papel filtro e as massas (g) de micélio foram mensuradas em balança analítica.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) e cada tratamento consistiu de quatro repetições contendo um frasco por repetição. Os dados foram analisados por meio do programa estatístico SISVAR 5.7 (FERREIRA, 2014). Nos ensaios nos quais foram testadas doses dos produtos alternativos, os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e, a partir da significância dos tratamentos, realizou-se análise de regressão com o intuito de estimar a dose ideal de cada produto. Para os dados ajustados à equação polinomial de 2º grau ($y = ax^2 + bx + c$) e de 3º grau ($y = ax^3 + bx^2 + cx + d$), a dose ideal do produto foi estimada por meio das equações:

$$Dose\ ideal\ (2^\circ\ grau) = \frac{-b}{2a} \qquad Dose\ ideal\ (3^\circ\ grau) = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4.a.c}}{2a}$$

No ensaio de comparação entre produtos alternativos e convencional, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

2.2. Avaliação dos produtos alternativos no controle do bolor verde na laranja

Frutos fisiologicamente maduros de laranjeiras ‘Valência’, oriundas dos pomares do Setor de Horticultura do IFSULDEMINAS *Campus* Machado, foram colhidos e imediatamente higienizados com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por 3 minutos, lavados em água destilada autoclavada e deixados secar em temperatura ambiente por 24h.

Posteriormente, os frutos foram imersos por 5 minutos em soluções contendo: água destilada autoclavada (controle inoculado e controle não-inoculado); fosfíto de potássio (19,5 mL.L⁻¹); extrato de alga *A. nodosum* (91,5 mL.L⁻¹); fertilizante organomineral (3 mL.L⁻¹) e fungicida benzimidazol (10,3 mL.L⁻¹). Após secagem em temperatura ambiente por 24 horas, foram feridos superficialmente com agulha histológica (0,6 mm de diâmetro e 2 mm de profundidade) em quatro regiões equidistantes e, em seguida, inoculados com esporos de *P. digitatum*. Os frutos foram borrifados com suspensão de 10⁶ conídios.mL⁻¹ do patógeno (ECKERT; BROWN, 1986). Foram utilizados também como testemunhas, frutos feridos sem inoculação (controle não-inoculado).

As laranjas foram mantidas em câmara úmida por 36h (caixas plásticas fechadas com saco plástico, contendo algodão umedecido com água destilada autoclavada) e armazenadas em incubadora tipo B.O.D. a 25°C. Após retirada da câmara úmida, foram mantidas na B.O.D. em temperatura de 25°C e avaliadas diariamente durante sete dias quanto à incidência

e severidade do bolor verde. A incidência foi obtida pela porcentagem de frutos doentes. A severidade foi avaliada considerando o número de ferimentos com sinais e/ou sintomas da doença, em cada fruto, e a partir dos resultados obtidos, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), por meio da equação proposta por Shaner e Finney (1977):

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Em que n é o número total de avaliações; y_i e y_{i+1} são duas avaliações consecutivas de severidade realizadas nos tempos t_i e t_{i+1} , respectivamente.

O experimento foi instalado em blocos casualizados (DBC) e cada tratamento consistiu de oito repetições contendo três frutos por repetição. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$), utilizando-se o programa estatístico SISVAR 5.7 (FERREIRA, 2014).

2.3. Efeito dos produtos alternativos sobre a qualidade físico-química da laranja

As laranjas foram colhidas e higienizadas, conforme mencionado no item 2.2, e submetidas por 5 minutos aos tratamentos: água destilada autoclavada (controle); fosfito de potássio ($19,5 \text{ mL.L}^{-1}$); extrato de alga *A. nodosum* ($91,5 \text{ mL.L}^{-1}$); fertilizante organomineral (3 mL.L^{-1}) e fungicida benzimidazol ($10,3 \text{ mL.L}^{-1}$). Em seguida, foram acondicionadas em bandejas plásticas e armazenadas em temperatura de $21^\circ\text{C} (\pm 2^\circ\text{C})$ por 16 dias. Após 1, 8 e 16 dias de armazenamento, os frutos foram avaliados quanto aos atributos físico-químicos: cor da casca e polpa, firmeza da polpa, pH, acidez titulável, sólidos solúveis e ratio.

A cor da casca e da polpa foram avaliadas em três frutos por parcela, utilizando-se colorímetro Minolta, modelo Chroma Meter CR-400 (iluminante D_{65} e sistema de cor CIEL*a*b*), em dois pontos na região equatorial dos frutos, antes e após a retirada da casca, obtendo-se a média dos valores de a^* e b^* dos pontos avaliados, para o cálculo do ângulo hue, segundo metodologia proposta por Minolta (1994).

A firmeza da polpa foi avaliada após a retirada da casca, em três frutos por parcela, com auxílio do penetrômetro SoilControl, modelo PDF-200, equipado com ponteira de 8 mm de diâmetro, na função Peak-hold (pico máximo), com os frutos na posição vertical e horizontal, calculando-se a média dos valores expressos em Newton.

As análises de pH, acidez titulável e sólidos solúveis foram realizadas no suco da fruta, em triplicata, das quais foram obtidas as médias dos resultados de três frutos por parcela. O pH foi avaliado utilizando-se o pHmetro Lucadema, modelo LUCA-210. A acidez titulável foi determinada segundo a metodologia proposta por Carvalho et al. (1990), e o resultado expresso em g de ácido cítrico por 100 ml de amostra. O teor de sólidos solúveis foi determinado em refratômetro digital de bancada Atago, modelo SMART-1, e os dados obtidos em °Brix. O valor de ratio foi obtido pela relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) e cada tratamento consistiu de oito repetições contendo três frutos por repetição, para cada período de armazenamento, totalizando 72 frutos por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$), por meio do programa estatístico SISVAR 5.7 (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Efeito *in vitro* dos produtos alternativos sobre a produção de massa fresca micelial

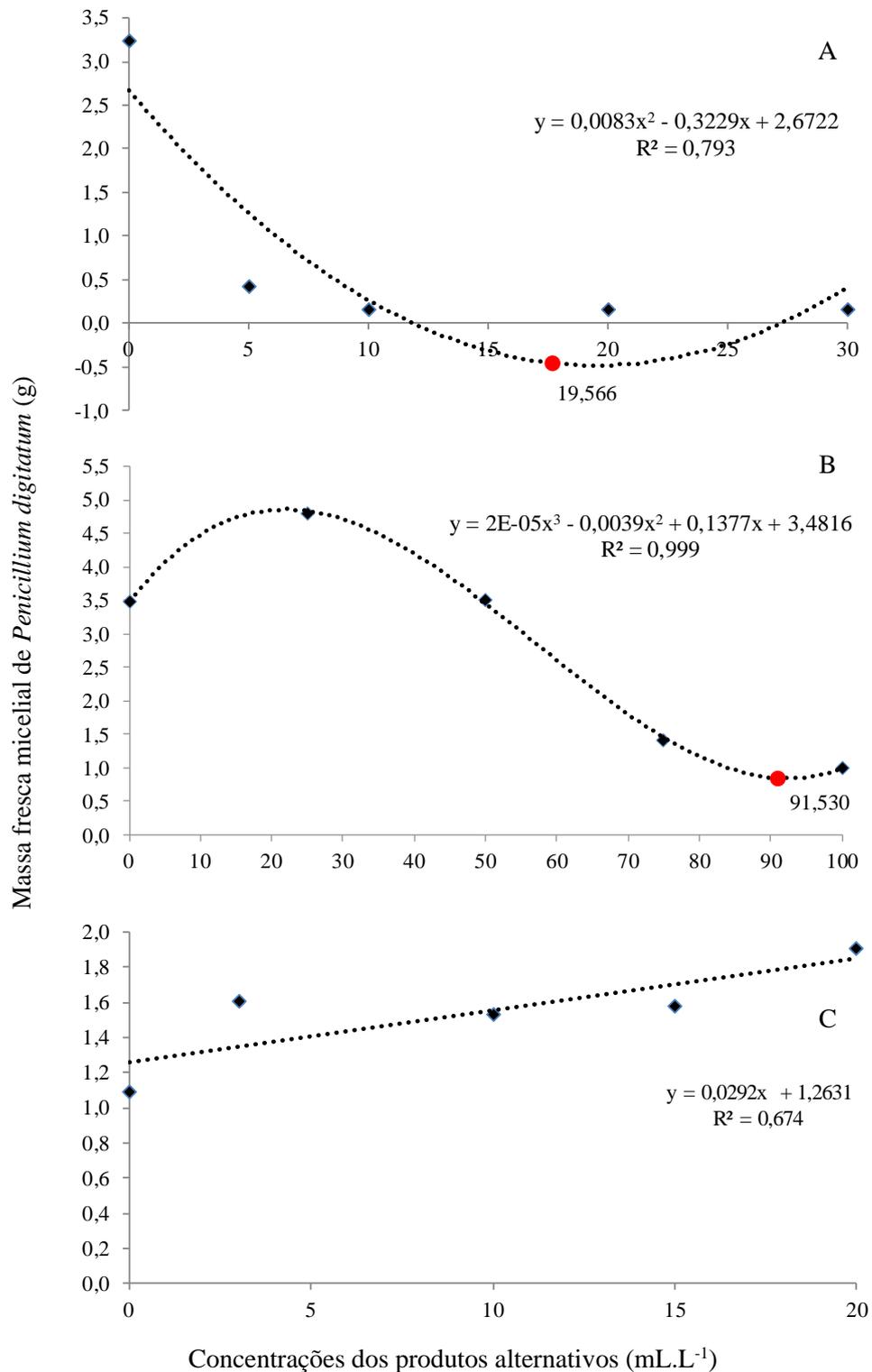
Observa-se na Figura 1A que o fosfito de potássio interfere de modo significativo no desenvolvimento *in vitro* do *P. digitatum*, uma vez que houve menor produção de massa fresca micelial para todas as concentrações avaliadas do produto (5; 10; 20 e 30 mL.L⁻¹), em comparação ao tratamento controle. A análise de regressão polinomial evidenciou que à medida que se aumenta a dose do produto, ocorre um declínio na produção de massa fresca micelial do patógeno ($R^2 = 0,793$). Por meio da equação polinomial, foi possível determinar a concentração ideal de fosfito de potássio, para que houvesse eficiência na inibição do patógeno com o menor gasto do produto, sendo estimada a dosagem ideal de 19,566 mL.L⁻¹.

Em relação ao extrato da alga *A. nodosum*, foi observado aumento significativo da massa fresca micelial quando o fungo foi submetido à concentração de 25 mL.L⁻¹, em relação ao tratamento que não recebeu o produto. A concentração de 50 mL.L⁻¹ não diferiu estatisticamente do controle e as concentrações de 75 e 100 mL.L⁻¹ interferiram no desenvolvimento do patógeno, reduzindo a produção de massa fresca micelial (Figura 1B). O

valor de R^2 de 0,999 indica adequado ajuste dos dados à equação polinomial obtida, estimando-se a dose ideal do produto de 91,530 mL.L⁻¹.

Diferentemente dos resultados anteriores, o fertilizante organomineral induziu a produção de massa fresca micelial do *P. digitatum* em todas as concentrações avaliadas. Por meio da Figura 1C observa-se que concentrações crescentes do produto resultaram em aumentos progressivos da produção de massa fresca de *P. digitatum* ($R^2 = 0,674$).

Figura 1 - Massa fresca micelial do fungo *Penicillium digitatum*, após cinco dias de cultivo em meio batata-dextrose em temperatura de 25°C, acrescido das diferentes concentrações (mL.L⁻¹) dos produtos alternativos: fosfito de potássio (A), extrato de alga *Ascophyllum nodosum* (B) e fertilizante organomineral (C). As equações representam as análises de regressão polinomial (A e B) e linear (C).

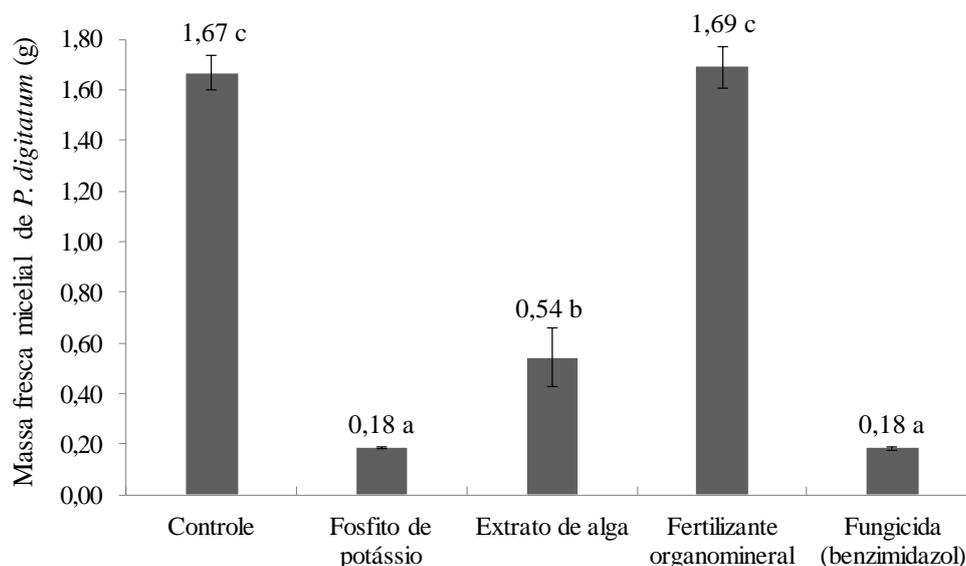


● Estimativa da dose ideal

Fonte: Dados originais da pesquisa.

A Figura 2 representa o efeito dos produtos alternativos no desenvolvimento *in vitro* do *P. digitatum* em comparação ao produto convencional (fungicida benzimidazol). O fosfito de potássio na concentração de 19,5 mL.L⁻¹ interferiu de modo significativo na produção de massa fresca micelial do *P. digitatum*, com efeito inibitório semelhante ao fungicida benzimidazol. Já o extrato da alga *A. nodosum* na concentração de 91,5 mL.L⁻¹ inibiu parcialmente o desenvolvimento do patógeno, com produção de massa fresca micelial superior ao fungicida benzimidazol e inferior ao tratamento que não recebeu produto. Em contrapartida, o fertilizante organomineral (3 mL.L⁻¹) não foi capaz de inibir o desenvolvimento *in vitro* do patógeno, uma vez que a produção de massa fresca micelial foi superior ao fungicida e não diferiu do tratamento controle (Apêndice 1).

Figura 2 - Massa fresca micelial do fungo *Penicillium digitatum*, após cinco dias de cultivo em meio batata-dextrose em temperatura de 25°C, acrescido dos diferentes tratamentos: controle, fosfito de potássio, extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, fertilizante organomineral e fungicida benzimidazol. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As barras indicam o erro padrão da média.



Fonte: Dados originais da pesquisa.

O efeito inibitório do fosfito de potássio sobre o crescimento *in vitro* de fitopatógenos também foi observado em outros estudos. Melo (2017) identificou que o fosfito de potássio na concentração de 0,1% inibe o desenvolvimento *in vitro* do *Colletotrichum gloeosporioides* isolado de mangas da variedade 'Tommy Atkins'. O autor também constatou que nas concentrações de 0,3% e 0,4% o fosfito de potássio interfere de modo significativo na permeabilidade da membrana do patógeno.

O fosfito de potássio também promoveu inibição *in vitro* de fitopatógenos causadores de doenças pós-colheita em uvas de mesa (ROMA, 2013). A inibição do crescimento micelial foi cerca de 95% para *Rhizopus stolonifer* (podridão mole) e *C. gloeosporioides* (podridão da uva madura), e de 30% para *Botrytis cinerea* (mofo cinzento), pela utilização de fosfito de potássio ($P_2O_5 = 28\%$; $K_2O = 26\%$) na concentração de 10 mL.L^{-1} . Além disso, observou-se que a esporulação foi inibida em aproximadamente 100% para os fungos *R. stolonifer* e *C. gloeosporioides* e nas concentrações de 25 e 50 mL.L^{-1} , a inibição da germinação tendeu a 100%, em todos os fitopatógenos avaliados.

Alexandre et al. (2014) avaliaram o efeito *in vitro* de diferentes tipos de fosfitos (potássio, cálcio, magnésio, zinco e cobre) sobre o crescimento micelial, germinação e produção de conídios do fungo *Colletotrichum tamarilloi*, responsável pela antracnose em jiló pós-colheita. O fosfito de potássio se destacou entre os demais fosfitos devido ao efeito direto sobre o desenvolvimento do fungo, em todos os parâmetros analisados.

No estudo realizado por Melo (2017) também foi avaliado o efeito do extrato de alga *A. nodosum* (0,1%, 0,3%, 0,5% e 1,0%) sobre a massa fresca micelial de *C. gloeosporioides* isolado de mangas da variedade 'Tommy Atkins'. O extrato de alga a 0,1% inibiu o desenvolvimento do patógeno, entretanto, nas concentrações de 0,5% e 1,0% houve aumento significativo da massa fresca micelial em relação ao tratamento que não recebeu o produto e a concentração de 0,3% não diferiu estatisticamente do controle. Fisiologicamente, o extrato de *A. nodosum* interferiu de modo significativo na permeabilidade seletiva da membrana plasmática da hifa do fungo, em todas as concentrações testadas, além de diminuir a capacidade celulolítica do *C. gloeosporioides*.

Ribeiro, Serra e Araújo (2016) observaram redução, de aproximadamente 50%, do crescimento micelial de *C. gloeosporioides*, agente etiológico de antracnose em mamão, utilizando o extrato de alga *A. nodosum* na dosagem de 20 e 40 mL.L^{-1} . Paiva et al. (2020) obteve 100% de inibição do crescimento micelial de *Rhizopus stolonifer*, agente causal da podridão mole em frutos de morangueiro, utilizando o extrato na concentração de 40 mL.L^{-1} .

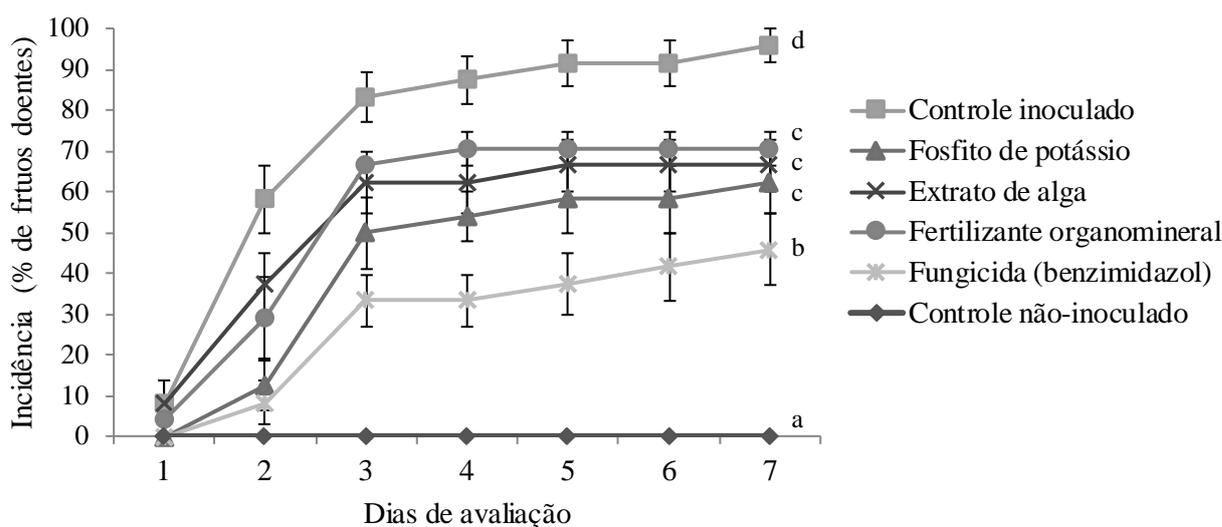
Outros estudos obtiveram resultados que contrastam com esta pesquisa. Peres et al. (2012) observaram que o extrato alcoólico da alga marinha *A. nodosum* não teve efeito significativo na inibição do crescimento do fungo *Aspergillus flavus*. Em *Monilinia fructicola* (agente causal da podridão-parda em rosáceas de caroço), o extrato de *A. nodosum* induziu o crescimento micelial do fungo e esse incremento foi proporcional ao aumento das doses aplicadas (OLIARI et al., 2014).

3.2. Avaliação dos produtos alternativos no controle do bolor verde na laranja

Por meio do experimento *in vivo* verificou-se que, conforme esperado, não houve desenvolvimento da doença nas laranjas ‘Valência’ não inoculadas com o *P. digitatum*. Em relação aos produtos alternativos, houve redução significativa da incidência do bolor verde nos frutos, após o terceiro dia de avaliação. A aplicação do fosfito de potássio ($19,5 \text{ mL.L}^{-1}$), extrato da alga *A. nodosum* ($91,5 \text{ mL.L}^{-1}$) e fertilizante organomineral (3 mL.L^{-1}) promoveu, respectivamente, a redução de 35, 30 e 26% na incidência da doença nas laranjas, comparando-se ao tratamento controle que foi inoculado com o patógeno (Figura 3).

Comparando-se ao tratamento convencional, observa-se que incidência do bolor verde nas laranjas tratadas com o fungicida benzimidazol foi menor em relação aos produtos alternativos. Mas o produto convencional não foi capaz de inibir totalmente o desenvolvimento da doença nos frutos, uma vez que ao final do período de avaliação, a incidência do bolor verde neste tratamento foi cerca de 45%.

Figura 3 - Incidência do bolor verde em laranjas ‘Valência’, submetidas aos tratamentos com água destilada (controle inoculado e controle não-inoculado), fosfito de potássio, extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, fertilizante organomineral e fungicida benzimidazol, inoculadas com *Penicillium digitatum*, mantidas sob temperatura de 25°C e avaliadas ao longo de sete dias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$), após o terceiro dia de avaliação. As barras indicam o erro padrão da média.



Fonte: Dados originais da pesquisa.

Quanto à severidade do bolor verde, houve redução do número de ferimentos com desenvolvimento da doença nas laranjas tratadas com o fosfito de potássio (19,5 mL.L⁻¹) e o extrato da alga *A. nodosum* (91,5 mL.L⁻¹), em comparação ao grupo controle inoculado com o patógeno. Esses produtos alternativos tiveram efeito semelhante ao fungicida benzimidazol no 6° e 7° dias de avaliação. Em contrapartida, o fertilizante organomineral (3 mL.L⁻¹) foi eficiente no controle da severidade da doença, apenas do 2° ao 5° dia de avaliação. Após o 6° dia, este tratamento não diferiu do grupo controle inoculado com o patógeno (Tabela 1 e Apêndice 2).

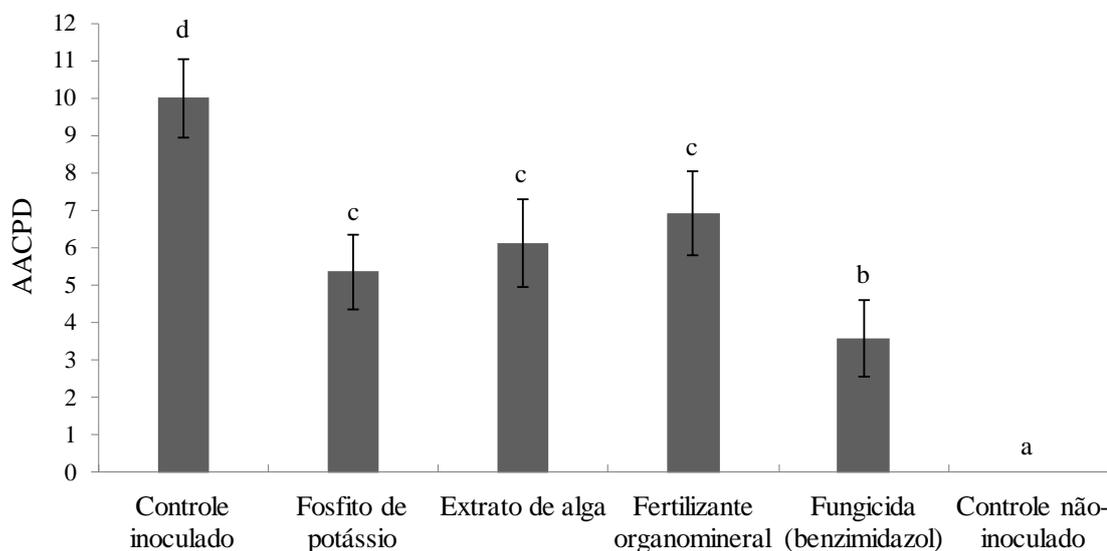
Tabela 1 - Número médio de ferimentos com bolor verde em laranjas ‘Valência’, submetidas aos tratamentos com água destilada (controle inoculado e controle não-inoculado), fosfito de potássio, extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, fertilizante organomineral e fungicida benzimidazol, inoculadas com *Penicillium digitatum*, mantidas sob temperatura de 25° C e avaliadas ao longo de sete dias. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Tratamentos	Média de ferimentos com bolor verde / fruto						
	1 dia	2 dias	3 dias	4 dias	5 dias	6 dias	7 dias
Controle inoculado	0,1 a	0,8 b	1,5 c	1,7 c	2,1 d	2,4 c	3,2 c
Fosfito de potássio	0,0 a	0,1 a	0,8 b	0,9 b	1,2 c	1,3 b	2,0 b
Extrato de alga	0,1 a	0,6 b	1,0 b	1,0 b	1,1 c	1,4 b	1,8 b
Fertilizante organomineral	0,0 a	0,3 a	0,9 b	1,0 b	1,5 c	1,9 c	2,4 c
Fungicida (benzimidazol)	0,0 a	0,1 a	0,5 a	0,5 a	0,8 b	1,0 b	1,4 b
Controle não-inoculado	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a

Fonte: Dados originais da pesquisa.

A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) também foi reduzida nos tratamentos com os produtos alternativos, em comparação ao controle inoculado, mas foi superior ao tratamento com o fungicida benzimidazol (Figura 4).

Figura 4 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) bolor verde em laranjas 'Valência', submetidas aos tratamentos com água destilada (controle inoculado e controle não-inoculado), fosfito de potássio, extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, fertilizante organomineral e fungicida benzimidazol, inoculadas com *Penicillium digitatum*, mantidas sob temperatura de 25° C e avaliadas ao longo de sete dias. Colunas seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As barras indicam o erro padrão da média.



Fonte: Dados originais da pesquisa.

A redução na eficiência do tratamento de doenças com o uso de fungicidas tem sido atribuída ao fenômeno da resistência. Fischer et al. (2009) realizaram estudos no *packinghouses* de citros paulistas e constataram que 39% dos isolados de *P. digitatum* apresentavam resistência ao fungicida do grupo benzimidazol. Em pomares orgânicos e convencionais de São Paulo, 47,3% dos isolados de *P. digitatum* foram resistentes ao benzimidazol (FISCHER et al., 2011).

Os resultados obtidos pela aplicação do produto convencional (fungicida benzimidazol) nesta pesquisa, reforçam a necessidade de estudos sobre métodos alternativos como ferramentas no manejo integrado de doenças, possibilitando a ampliação de recursos disponíveis e a redução de perdas ao produtor.

Estudos têm evidenciado o potencial do fosfito de potássio no controle de doenças pós-colheita. Cerioni et al. (2013) estudaram a ação curativa do fosfito de potássio (20 g.L⁻¹) em limões, obtendo-se 80% e 90% de controle do bolor verde (*P. digitatum*) e azul (*Penicillium expansum*), respectivamente, nos frutos previamente inoculados com os patógenos. Quando o fosfito de potássio foi aplicado após tratamento prévio do fruto com

solução de peróxido hidrogênio (20 g.L⁻¹) e sulfato de cobre (6 mmol.L⁻¹), obteve-se cerca de 100% de controle dessas doenças.

Em maçã ‘Gala’, o fosfito de potássio (1,27 g.L⁻¹ de P₂O₅ e 1,18 g.L⁻¹ de K₂O) promoveu a redução da incidência de podridão nos frutos inoculados com *Penicillium* sp. após aplicação do produto (SAUTTER et al.; 2008). Em estudo realizado por Blum et al. (2007), a eficiência do tratamento de maçãs com o fosfito de potássio (1,5 mL.L⁻¹) foi semelhante à do fungicida benomil, no controle do mofo azul (*P. expansum*).

Roma (2013) verificou efeito protetor e curativo do fosfito de potássio (2,5; 5 e 10 mL.L⁻¹) em bagas de uva ‘Itália’. Houve redução na incidência da podridão mole (*Rhizopus stolonifer*), mofo cinzento (*Botrytis cinerea*) e podridão da uva madura (*Colletotrichum gloeosporioides*) em todas as doses testadas, em comparação ao controle. A concentração de 10 mL.L⁻¹ foi a que exibiu maior controle das doenças.

Melo (2017) observou redução de severidade da antracnose em mangas tratadas com fosfito de potássio e inoculadas com *C. gloeosporioides*, em comparação à testemunha. Neste estudo, todas as doses de fosfito testadas (0,1%; 0,2%; 0,3% e 0,4%) foram eficientes na redução do diâmetro e da velocidade de crescimento das lesões de antracnose nos frutos, bem como na redução da área abaixo da curva de progresso da doença.

A aplicação de fosfito de potássio em mamão também promoveu redução de lesões de antracnose nos frutos inoculados com o *C. gloeosporioides*, quando utilizadas as dosagens de 1,5 mL.L⁻¹ (LOPES, 2008) e de 150 mL.ha⁻¹ (DEMARTELAERE et al., 2017) do produto.

Em goiabas obtidas de sistema de cultivo convencional e orgânico, Ferraz et al. (2016) observaram redução do diâmetro de lesões de antracnose nos frutos tratados com fosfito de potássio e inoculados com *C. gloeosporioides*, em todas as doses testadas (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mL.L⁻¹).

Além do fosfito de potássio, Amaral et al. (2017) avaliaram outros fosfitos (cálcio; cálcio e boro; amônio) associados à atmosfera modificada, os quais foram eficazes na redução da severidade da podridão peduncular do mamão, causada pelo fungo *Lasiodiplodia theobromae*. Alexandre et al. (2014) também avaliaram diferentes dosagens de fosfitos (potássio, cálcio, magnésio, zinco e cobre) no controle da antracnose do jiló, obtido de área com histórico da doença. O fosfito de potássio proporcionou o melhor resultado, com 36,3% de controle da doença e incidência inferior ao do fungicida oxiclureto de cobre, durante 20 dias de armazenamento.

O controle de doenças pós-colheita pelo uso do extrato de algas também foi relatado na literatura. Melo (2017) avaliou a severidade da antracnose em mangas tratadas com o extrato da alga *A. nodosum* e inoculadas com *C. gloeosporioides*. O extrato na concentração de 1,0% promoveu a redução do diâmetro das lesões de antracnose nos frutos e da velocidade de crescimento das mesmas, com eficiência superior ao fungicida estrobilurina. A área abaixo da curva de progresso da doença também foi diminuída pelo tratamento das mangas com o extrato da alga a 1,0%, sendo semelhante ao fungicida.

Em estudo realizado por Gomes e Serra (2013), a aplicação de produto comercial à base de extrato de alga *A. nodosum* (100 mL.L⁻¹) em pimenta, 48 horas antes da inoculação do *C. gloeosporioides*, promoveu a redução da severidade das lesões de antracnose nos frutos.

Ribeiro, Serra e Araújo (2016) também observaram redução de lesões de antracnose em frutos de mamoeiro tratados com extrato de alga *A. nodosum* (40 mL.L⁻¹), 72 horas antes da inoculação do fungo *C. gloeosporioides*. Em contrapartida, Dias (2019) avaliou diferentes doses do extrato da alga *A. nodosum* (0,1%; 0,3%; 0,5% e 1,0%), mas os tratamentos não diferiram entre si e nem entre a testemunha, no que se refere a inibição de lesões de antracnose em frutos de mamoeiro.

A redução da incidência e severidade do bolor verde nas laranjas, pelo fosfito de potássio e pelo extrato da alga *A. nodosum*, pode ser atribuída à ação desses produtos na inibição do desenvolvimento do *P. digitatum*, conforme evidenciado nos ensaios *in vitro*.

Segundo King et al. (2010), células de patógenos expostos ao fosfito exibem alterações na expressão de genes que codificam proteínas, envolvidas no metabolismo proteico, energético e no estresse oxidativo, comprometendo a morfologia e a fisiologia do micro-organismo. Por sua vez, o extrato da alga *A. nodosum* possui substâncias biologicamente ativas (aminoácidos, oligossacarídeos e compostos similares à hormônios vegetais), responsáveis pela ativação de mecanismos de defesa vegetal e pela inibição do desenvolvimento de fitopatógenos (CARVALHO; CASTRO, 2014; KHAN et al., 2009). Melo (2017) evidenciou que tanto o extrato de *A. nodosum* quanto o fosfito de potássio, atuaram como indutores de resistência em manga na fase de pós-colheita, ao proporcionarem incremento no conteúdo total de proteínas, fenóis e na atividade das enzimas β -1,3-glucanase, quitinase, peroxidase, superóxido-dismutase, catalase, polifenoloxidase e fenilalanina amonialiase.

Diferentemente do fosfito de potássio e do extrato de algas, estudos sobre o efeito do fertilizante organomineral no controle de doenças em pós-colheita são escassos na literatura.

Em frutos de mamoeiro, foi aplicado fertilizante organomineral com a mesma composição do produto utilizado nesta pesquisa (8,5% de carbono orgânico total, 6% de nitrogênio, 2,5% de molibdênio e 0,15% de cobalto), com o intuito de verificar o potencial de controle de doenças causadas por infecções oriundas do campo. A aplicação do fertilizante organomineral (3 mL.L⁻¹) possibilitou a redução de 52% na incidência de doenças em comparação ao controle, ao longo de 4 dias de armazenamento dos frutos, e de 50% na severidade de doenças, após 8 dias de armazenamento (MAFRA et al., 2020).

Devido a diversidade de composição dos fertilizantes organominerais presentes no mercado e aos diferentes patógenos que acometem os frutos, são necessários mais estudos que envolvam a aplicação desses produtos no manejo de doenças, especialmente na fase de pós-colheita, além da investigação dos mecanismos de ação desses compostos sobre os patógenos.

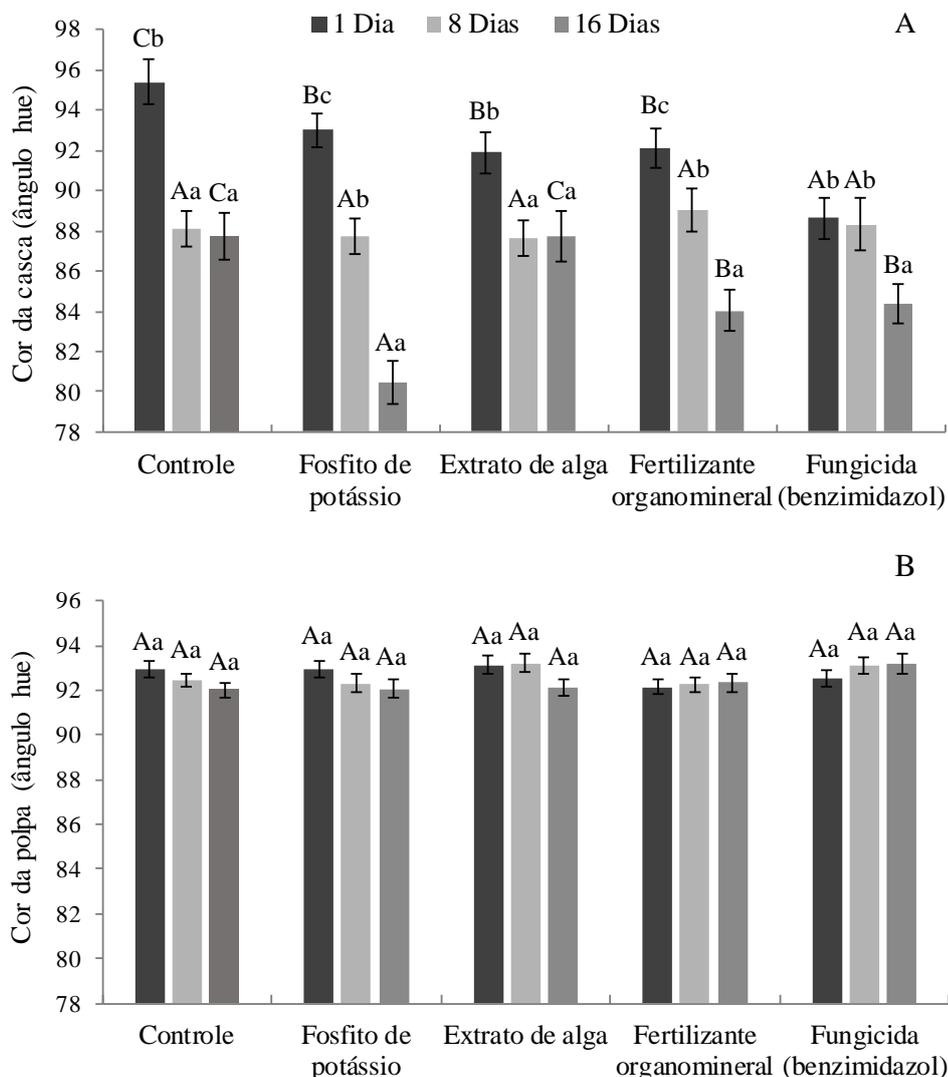
Os resultados obtidos nesta pesquisa sugerem que o fosfito de potássio, extrato da alga *Ascophyllum nodosum* e fertilizante organomineral se configuram como alternativas para o manejo do bolor verde em laranja pós-colheita, podendo ser utilizados de maneira isolada ou incluídos em estratégias integradas de manejo da doença.

3.3. Efeito dos produtos alternativos sobre a qualidade físico-química da laranja

Na análise de colorimetria foi possível observar que, no primeiro dia de armazenamento, o ângulo hue da casca dos frutos tratados com os produtos alternativos foi menor em comparação ao grupo controle (Figura 5A). Entretanto, de acordo com o diagrama de cor, o ângulo hue de 0° corresponde ao vermelho, 90° ao amarelo, 180° ao verde e os valores entre essas faixas correspondem à mistura dessas cores primárias (Minolta, 1994). Portanto, nota-se que no primeiro dia de armazenamento, a cor da casca dos frutos controle estava mais próxima à faixa do verde, e em contrapartida, nos frutos tratados com os produtos alternativos, mais próxima à faixa do amarelo. Ao longo do período de armazenamento, houve redução do valor de ângulo hue em todos os tratamentos, indicando que a cor da casca dos frutos migrou para às faixas do amarelo e laranja.

Quanto à cor da polpa, observa-se na Figura 5B que a aplicação dos produtos alternativos não afetou este parâmetro nos frutos. O ângulo de cor foi semelhante ao tratamento controle e ao fungicida benzimidazol que, em média, apresentaram valores próximos à faixa do amarelo, além de se manter estável durante todo período de armazenamento.

Figura 5 - Valores médios de cor da casca (A) e polpa (B) de laranjas ‘Valência’, submetidas aos tratamentos controle (água destilada), fosfito de potássio, extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, fertilizante organomineral, fungicida benzimidazol, e armazenadas por 16 dias a 21°C. Colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto ao tratamento e seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto ao período de armazenamento, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As barras indicam o erro padrão da média.

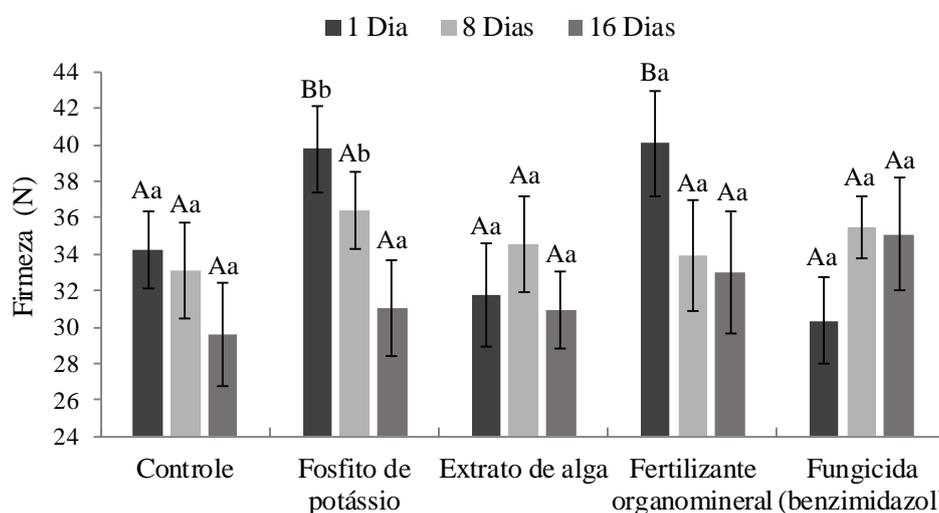


Fonte: Dados originais da pesquisa.

A firmeza da polpa das laranjas tratadas com o extrato de alga *A. nodosum* foi semelhante ao controle e ao fungicida benzimidazol, durante todo período de armazenamento. Em contrapartida, a aplicação do fosfito de potássio e do fertilizante organomineral aumentou a firmeza dos frutos no primeiro dia de armazenamento (Figura 6). Este acréscimo na firmeza contribui para a conservação dos frutos, uma vez que proporciona maior resistência ao transporte, armazenamento e manuseio.

Durante o período de armazenamento das laranjas, a firmeza da polpa foi constante em todos os tratamentos, com exceção do fosfito de potássio. Apesar de ter ocorrido redução deste parâmetro nos frutos tratados com fosfito no último dia de armazenamento, a firmeza foi semelhante ao grupo controle e ao fungicida benzimidazol (Figura 6).

Figura 6 - Valores médios de firmeza da polpa de laranjas ‘Valência’, submetidas aos tratamentos controle (água destilada), fosfito de potássio, extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, fertilizante organomineral, fungicida benzimidazol, e armazenadas por 16 dias a 21°C. Colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto ao tratamento e seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto ao período de armazenamento, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As barras indicam o erro padrão da média.

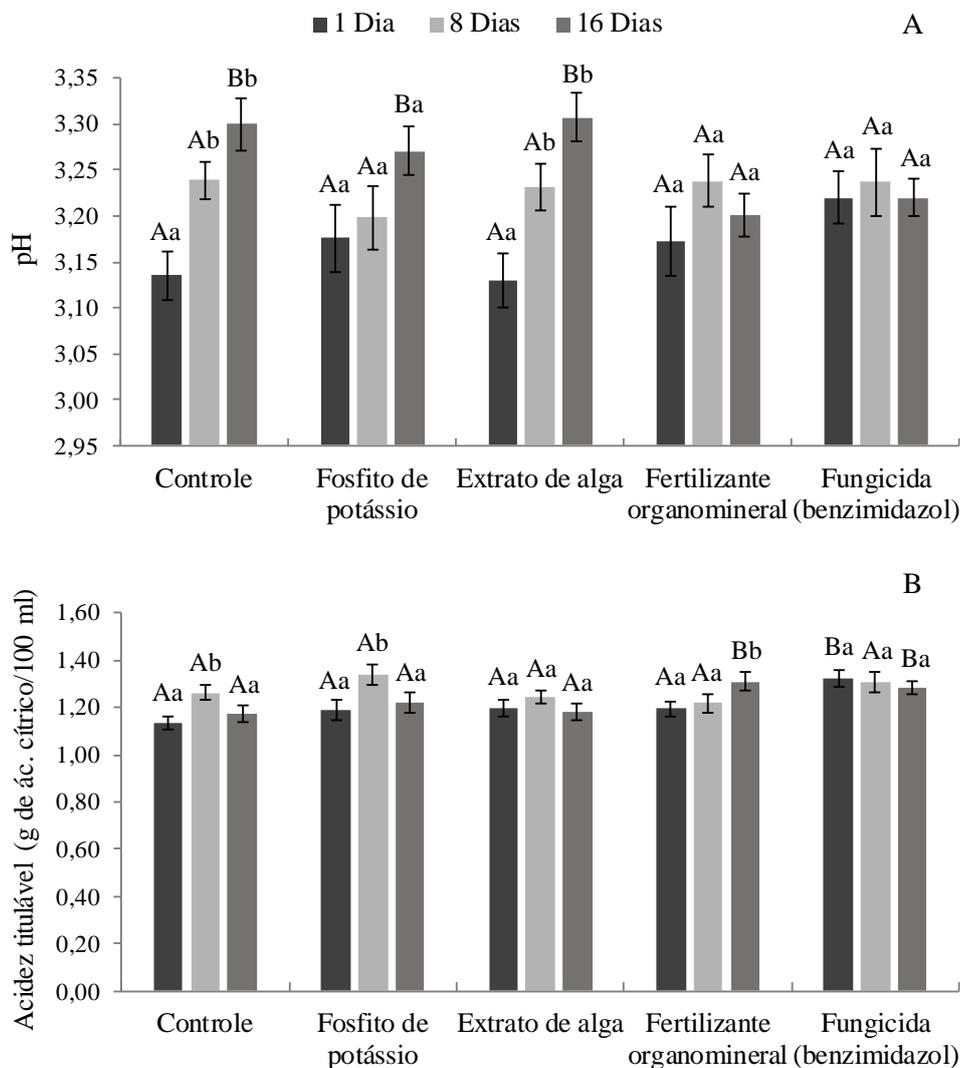


Fonte: Dados originais da pesquisa.

O pH das laranjas tratadas com o fosfito de potássio e extrato de alga *A. nodosum* não diferiu do controle durante todo período de armazenamento. Além disso, houve aumento progressivo deste parâmetro no grupo controle e extrato de alga. Em contrapartida, as laranjas tratadas com o fertilizante organomineral e o fungicida benzimidazol mantiveram o pH constante, com valores inferiores ao grupo controle no 16º dia de armazenamento (Figura 7A).

Da mesma maneira, a acidez titulável dos frutos tratados com o fosfito de potássio e extrato de alga *A. nodosum* não diferiu do grupo controle durante o armazenamento. Quanto às laranjas tratadas com o fertilizante organomineral, ao final do período de armazenamento, a acidez foi maior em comparação ao tratamento controle, porém, semelhante ao fungicida benzimidazol (Figura 7B).

Figura 7 - Valores médios de pH (A) e acidez titulável (B) de laranjas ‘Valência’, submetidas aos tratamentos controle (água destilada), fosfito de potássio, extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, fertilizante organomineral, fungicida benzimidazol, e armazenadas por 16 dias a 21°C. Colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto ao tratamento e seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto ao período de armazenamento, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As barras indicam o erro padrão da média.



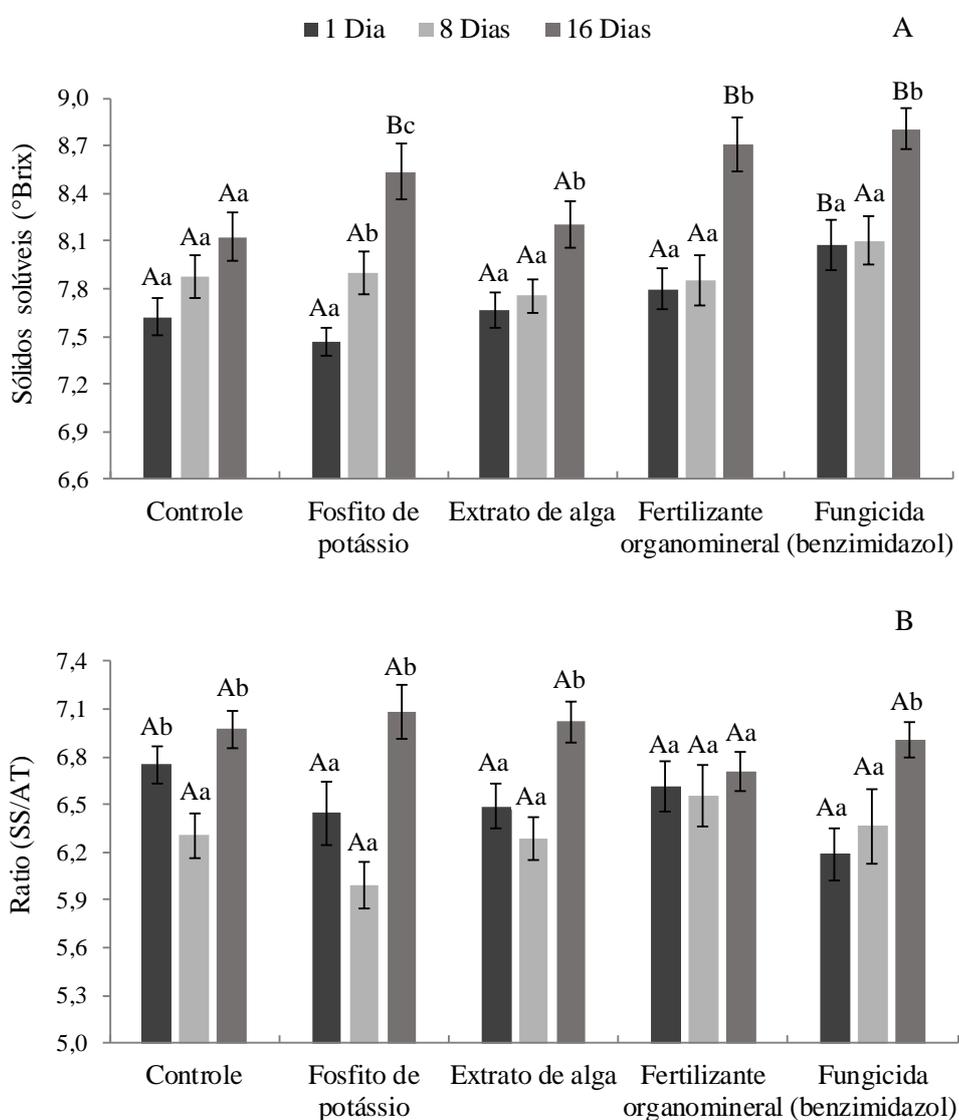
Fonte: Dados originais da pesquisa.

Quanto aos teores de sólidos solúveis e à relação sólidos solúveis/acidez titulável (ratio), a Embrapa estabelece que em laranjas maduras esses parâmetros devem estar entre 9 a 10 °Brix e de 8,5 a 10, respectivamente. Observa-se na Figura 8 que em todos os tratamentos estes parâmetros estiveram abaixo dos valores preconizados.

Apesar disso, nota-se que os produtos alternativos avaliados mantiveram o teor de sólidos solúveis semelhante ao tratamento controle, até o oitavo dia de armazenamento dos

frutos. Ao final do período de armazenamento, houve acréscimo deste parâmetro nas laranjas tratadas com o fosfito de potássio e com o fertilizante organomineral, com valores semelhantes ao fungicida benzimidazol. Além disso, o tratamento das laranjas com os produtos alternativos manteve a relação sólidos solúveis/acidez titulável (ratio) semelhante ao controle, durante os 16 dias de armazenamento dos frutos.

Figura 8 - Valores médios de sólidos solúveis (A) e ratio (B) de laranjas ‘Valência’, submetidas aos tratamentos controle (água destilada), fosfito de potássio, extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, fertilizante organomineral, fungicida benzimidazol, e armazenadas por 16 dias a 21°C. Colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto ao tratamento e seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto ao período de armazenamento, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As barras indicam o erro padrão da média.



Fonte: Dados originais da pesquisa.

A relação sólidos solúveis/acidez titulável (ratio) é uma das formas mais utilizadas para avaliar o sabor das frutas, sendo mais representativa do que a medição isolada dos sólidos solúveis ou da acidez (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Portanto, o ratio é comumente utilizado como o principal parâmetro de qualidade no pós-colheita de citros.

Os resultados desta pesquisa indicam que, a aplicação pós-colheita dos produtos alternativos avaliados proporciona nas laranjas características físico-químicas semelhantes ao controle ou ao fungicida benzimidazol, sendo este último um dos produtos químicos registrados para o uso no tratamento pós-colheita do bolor verde em citros.

Outros estudos apontam o efeito do tratamento pós-colheita com produtos alternativos na qualidade físico-química de diferentes espécies vegetais. Em maçãs ‘Gala’, o tratamento com fosfito de potássio (concentração de 1,27 g.L⁻¹ de P₂O₅ e 1,18 g.L⁻¹ de K₂O) não afetou os teores de sólidos solúveis totais e acidez titulável, e proporcionou maior firmeza aos frutos, após o armazenamento por oito meses em atmosfera controlada. Na cultivar “Fugi”, o tratamento manteve os teores de sólidos solúveis totais e firmeza, e promoveu a redução de acidez dos frutos (SAUTTER et al., 2008).

Demartelaere et al. (2017) observaram que a aplicação de fosfito de potássio (150 mL.ha⁻¹) não afeta as características físico-químicas de frutos de mamoeiro em relação aos parâmetros de pH, sólidos solúveis, acidez titulável e ratio, após 12 dias de armazenamento. Amaral et al. (2017) avaliaram as características físico-químicas de mamão ‘Sunrise Solo’ tratados com diferentes fosfitos (potássio; cálcio; cálcio e boro; amônio) e doses (0,3; 0,6; 0,9; 1,25 e 1,5 g.L⁻¹), e inoculados com *Lasiodiplodia theobromae*. Após 10 dias de armazenamento em atmosfera ambiente e modificada, não houve diferença significativa no teor de acidez dos frutos. Em relação aos sólidos solúveis e pH, os frutos tratados com os fosfitos diferiram do grupo controle, mas os tratamentos não comprometeram a qualidade, pois os valores estavam de acordo com os padrões estabelecidos em legislação.

Em estudo realizado por Roma (2013), houve pouca influência da aplicação do fosfito de potássio (10 mL.L⁻¹) na qualidade físico-química de uva ‘Itália’ durante 8 dias de armazenamento. Foram observadas discretas alterações na coloração da casca e no pH dos frutos no 4º dia após a aplicação do fosfito, entretanto, o teor de sólidos solúveis, acidez titulável e ratio não diferiu do tratamento controle durante todo o período de armazenamento.

Melo (2017) avaliou parâmetros físico-químicos de mangas ‘Tommy Atkins’, tratadas com diferentes concentrações de extrato de alga *A. nodosum* (0,1%; 0,3%; 0,5% e 1,0%) e fosfito de potássio (0,1%; 0,2%; 0,3% e 0,4%), ao longo de 12 dias de armazenamento. Em

relação à cor da polpa, os frutos tratados com o extrato de alga apresentaram maiores ângulos de tonalidade (hue) em comparação ao controle, indicando que houve retardo no processo de amadurecimento dos frutos. Entretanto, nos tratamentos com o fosfito de potássio (0,1%; 0,3% e 0,4%) observou-se menores ângulos de tonalidade (h°), indicando que os frutos amadureceram em função da aplicação do produto. Tanto o extrato de alga quanto o fosfito de potássio proporcionaram aumento da firmeza dos frutos e manutenção dos sólidos solúveis. Além disso, os valores de pH e acidez indicaram que os produtos promoveram o retardo do processo de senescência nos frutos.

Dias (2019) considera que o tratamento pós-colheita do mamão com extrato de alga *A. nodosum* deve ser melhor investigado. No estudo realizado pela autora, o extrato de alga (0,1%; 0,3%; 0,5% e 1,0%) não interferiu no padrão de qualidade exigido para o consumo, considerando os valores de pH, acidez titulável e sólidos solúveis. Porém, houve perda significativa de massa fresca nos frutos, ao longo de 10 dias de armazenamento.

Mafrá et al. (2020) não observaram diferença significativa nas análises de pH, acidez titulável, sólidos solúveis e firmeza da polpa de mamão 'Formosa' submetido ao tratamento com extrato de alga *A. nodosum* (80 mL.L⁻¹), fosfito de potássio (50 mL.L⁻¹) e fertilizante organomineral (3 mL.L⁻¹). O fertilizante organomineral avaliado no estudo possui a mesma composição do produto utilizado nesta pesquisa.

4. CONCLUSÕES

O fosfito de potássio e o extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, nas concentrações de 19,5 e 91,5 mL.L⁻¹, respectivamente, inibem a produção de massa fresca micelial do *P. digitatum*.

O fosfito de potássio (19,5 mL.L⁻¹), extrato da alga *A. nodosum* (91,5 mL.L⁻¹) e fertilizante organomineral (3 mL.L⁻¹) reduzem a incidência e a severidade do bolor verde na laranja e, de maneira geral, a aplicação dos produtos no pós-colheita, não compromete a qualidade físico-química do fruto.

5. REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 19 nov. 2019.
- ALEXANDRE, E. R.; HERCULANO, L. M.; SILVA, J. M.; OLIVEIRA, S. M. A. Fosfitos no manejo da antracnose do jiló. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 12, p.930-938, 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 end rot in papaya. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 786-793, 2017.
- AMARAL, D. R. **Formulações de extratos vegetais e micronutrientes na indução de resistência em mudas de cafeeiro contra *Cercospora coffeicola***. 2008. 92 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2008.
- 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 o mofo-azul em maçãs ‘Fuji’ e ‘Gala’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 29, n. 2, p. 265-268, 2007.
- BRACKMANN, A.; GIEHL, R. F. H.; SESTARI, I.; WEBER, A.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A. C. Controle de podridões em maçãs ‘Fuji’ Frigoconservadas com a aplicação de fosfitos e cloretos de benzalcônio em pré e pós-colheita. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.15, n.2, p. 35-43, 2008.
- CARVALHO, M. E. A.; CASTRO, P. R. de C. **Extratos de algas e suas aplicações na agricultura**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2014. 58 p.
- CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R. M. M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121 p.
- CERIONI, L.; SEPULVEDA, M.; RUBIO-AMES, Z.; VOLENTINI, S. I.; RODRÍGUEZ-MONTELONGO, L.; SMILANICK, J. L.; RAMALLO, J.; RAPISARDA, V.A. Control of lemon postharvest diseases by low-toxicity salts combined with hydrogen peroxide and heat. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 83, p. 17-21, 2013.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras, MG: UFLA, 2005. 785 p.
- 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.
- DIAS, L. R. C. **Regulação da explosão oxidativa, qualidade fisiológica de mamões e efeito in vitro do extrato da alga marinha *Ascophyllum nodosum* sobre o fungo *Colletotrichum***

sp.. 2019. 131f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, MA, 2019.

ECKERT, J. W.; BROWN, G. E. Evaluation of postharvest treatments for citrus fruit. In: HICKEY, K. D. (Ed.). **Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogens**. APS Press, St. Paul, MN, USA, 1986, p. 92–97.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Food loss and waste and value chains**. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca5312en/CA5312EN.pdf>>. Acesso em: 6 abril. 2020.

FERRAZ, D. M. M.; BLUM, L. E. B.; BARRETO, M. L. A.; UESUGI, C. H.; PEIXOTO, J. R.; CRUZ, A. F. Fosfito no controle da antracnose e qualidade pós-colheita de goiaba em cultivo convencional e orgânico. **Revista de Agricultura**, v. 91, n. 3, p. 249 - 264, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas *Bootstrap*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, 2014.

FISCHER, I. H.; AFONSECA, L. S, SPÓSITO, M. B.; AMORIM, L. Characterization of the fungal population in citrus packing houses. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 123, p. 449-460, 2009.

FISCHER, I. H.; LOURENÇO, S. A.; AMORIM, L. Doenças pós-colheita em citros e caracterização da população fúngica ambiental no mercado atacadista de São Paulo. **Tropical Plant Pathology**, Brasília-DF, v. 33, n. 3, p. 219-226, 2008.

FISCHER, I. H.; ZANETTE, M. M.; SPÓSITO, M. B.; AMORIM, L. Doenças pós-colheita em laranja ‘Valência’ e caracterização da população fúngica em pomares orgânicos e convencionais. **Tropical Plant Pathology**, Brasília-DF, v. 36, n. 6, p. 390-399, 2011.

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.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 26 maio. 2020.

KHAN, W.; RAYIRATH, U. P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M. N.; RAYORATH, P.; HODGES, D. M.; CRITCHLEY, A. T.; CRAIGIE, J. S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 28, p. 386-399, 2009.

KING, M.; REEVE, W.; VAN DER HOEK, M. B.; WILLIAMS, N.; MCCOMB, J.; O'BRIEN, P.A.; HARDY, G.E.S.J. Defining the phosphite-regulated transcriptome of the plant pathogen *Phytophthora cinnamomi*. **Molecular Genetics & Genomics**, Berlin, v. 284, p. 425–435, 2010.

LOPES, L. F. **Efeito de aplicações pós-colheita de fosfitos, ácido acetilsalicílico e 1-metilciclopropeno sobre a antracnose do mamoeiro**. 2008. 82f. Dissertação (Mestrado em

Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.

MAFRA, N. M.; REIS, C. S.; MARTINS, F. A.; MACHADO, L. F. C.; DUARTE, B. C.; NAVES, M. E. F.; REZENDE D. C. Produtos alternativos para o manejo de doenças em frutos de mamoeiro pós-colheita. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-PR, v. 6, n. 3, 2020.

MELO, T. A. **Efeito do extrato da alga marinha *Ascophyllum nodosum* e do fosfito de potássio na morfofisiologia do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, na indução de resistência em mangas ‘Tommy Atkins’ contra a antracnose e em características físicas e químicas desses frutos.** 2017. 150f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2017.

MINOLTA CORPORATION. **Precise color communication:** color control from feeling to instrumentation. Minolta, 1994.

OLIARI, I. C. R.; BARCELOS, R. A.; FEDRIGO, K.; GARCIA, C.; MARCHI, T.; BOTELHO, R. V. Extrato de alga no controle *in vitro* de *Monilinia fructicola*. **Cadernos de Agroecologia**, Pinhais-PR, v. 9, n. 1, 2014.

PAIVA, K. D.; MARTINS, F. A.; SANTOS, T. A.; REZENDE, D. C.; VILAS BOAS, B. M.; XAVIER-MIS, D. M. *Ascophyllum Nodosum* seaweed extract as an alternative for control of post-harvest soft rot in strawberries. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-PR, v. 6, n. 3, 2020.

PERES, J. C. F.; CARVALHO, L. R.; GONÇALEZ, E.; BERIAN, L. O. S.; FELICIO, J. D. Evaluation of antifungal activity of seaweed extracts. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 36, n. 3, p. 294-299, 2012.

RIBEIRO, J. G.; SERRA, I. M. R. S.; ARAÚJO, M. U. P. Uso de produtos naturais no controle de antracnose causado por *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 42, n. 2, p. 160-164, 2016.

ROMA, R. C. C. **Fosfito de potássio no controle de doenças pós-colheita em bagas de uva ‘Itália’ e possíveis mecanismos de ação à *Rhizopus stolonifer*.** 2013. 117f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2013.

ROMA-ALMEIDA, R. C. C.; REZENDE, D. C.; PASCHOLATI, S. F. Phosphites on postharvest disease control. In: FURTADO, E. L.; PASCHOLATI, S. F.; JESUS JUNIOR, W. C.; MORAES, W. B. (Org.). **Precision phytopathology of science frontiers**. Botucatu: FEPAF, 2019, p. 391-410.

SAUTTER, C. K.; STORCK, L.; RIZZATTI, M. R., MALLMANN, C. A.; BRACKMANN. Síntese de trans-resveratrol e controle de podridão em maçãs com uso de elicitores em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 9, p. 1097-1103, 2008.

SHANER, G.; FINNEY, R. R. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slowmildewing in knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 67, n.8, p. 1052-1056, 1977.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Experimento *in vitro* para avaliação do efeito dos produtos alternativos sobre a produção de massa fresca micelial do *Penicillium digitatum*. A ilustração representa as massas obtidas, após cinco dias de cultivo do patógeno, em meio batata dextrose acrescido dos tratamentos: controle (água destilada), fosfito de potássio, extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, fertilizante organomineral e fungicida benzimidazol.



Apêndice 2 - Experimento *in vivo* para avaliação do potencial dos produtos alternativos no controle do bolor verde da laranja. A ilustração representa o 7º dia de avaliação dos frutos previamente tratados e posteriormente inoculados com o *Penicillium digitatum*. Os tratamentos aplicados foram: controle (água destilada), fosfito de potássio, extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, fertilizante organomineral, fungicida benzimidazol e controle não-inoculado (água destilada).

