

**FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA
MESTRADO PROFISSIONAL EM
CONTROLE DE DOENÇAS E PRAGAS DOS CITROS**

RENATO SARTORI

Fungicidas para o controle do mofo cinzento causado por *Botrytis cinerea* em limão (*Citrus limon*)

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da Citricultura como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fitossanidade.

Orientador: Dr. Geraldo José Silva Junior

**Araraquara
Abril 2019**

RENATO SARTORI

Fungicidas para o controle do mofo cinzento causado por *Botrytis cinerea* em limão (*Citrus limon*)

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da Citricultura como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fitossanidade.

Orientador: Dr. Geraldo José Silva Junior

**Araraquara
Abril 2019**

S251f Sartori, Renato
Fungicidas para o controle do mofo cinzento causado por
Botrytis cinerea em limão (*Citrus limon*) / Renato Sartori,
2019.
28 f.

Orientador: Dr. Geraldo José Silva Junior

Dissertação (Mestrado) – Fundo de Defesa da
Citricultura, Araraquara, 2019.

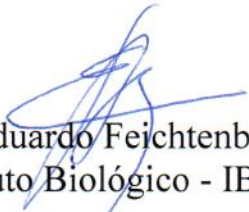
1. *Citrus* spp. 2. Doenças fúngicas 3. Fungicidas 4.
Danos e perdas I. Título

RENATO SARTORI


Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da Citricultura - Fundecitrus, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fitossanidade.

Araraquara, 16 de abril de 2019.

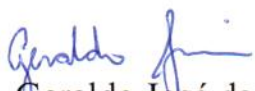
BANCA EXAMINADORA



Dr. Eduardo Feichtenberger
Instituto Biológico - IB, Sorocaba/SP



Dr. Alécio Souza Moreira
Embrapa Mandioca e Fruticultura - EMBRAPA, Cruz das Almas/BA



Dr. Geraldo José da Silva Junior (Orientador)
Fundo de Defesa da Citricultura - FUNDECITRUS, Araraquara/SP

DEDICO

À minha esposa Marisa Helena, amor de minha vida e para toda uma vida, pela confiança, dedicação, otimismo e felicidade a mim proporcionado.

Aos meus pais Mauro e Ednéia que me deram toda a base educacional para me tornar um homem de bem.

Aos meus tios Reinaldo e Marilda pelo apoio em todas as etapas de minha formação acadêmica.

Aos meus avós que muito contribuíram para minha formação educacional e toda uma história de vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus**, por me dar forças, coragem, serenidade para cumprir mais uma etapa desta jornada em minha vida.

À empresa SucoCítrico Cutrale por proporcionar a oportunidade de realizar este curso de mestrado, o qual agregou muito em minha formação profissional, através do Diretor Agrícola Valdir Guessi, dos Gerentes de Produção, Marco Antonio Marchesi, Airton Antônio Pierobon, André Junqueira Franco Fabbri e do Gerente Regional Anderson Carlos Correa.

Ao professor Dr. Geraldo José Silva Junior pela orientação, atenção, dedicação, paciência e empenho, bem como pela amizade, não medindo esforços para o bom desempenho deste trabalho.

À equipe de apoio da fazenda São Benedito, os encarregados fitossanitários Roger Brissola, Misaque Bento Figueiredo e aos inspetores fitossanitários Eduardo Prado, Antônio Alcântara Vieira, Valeley de Almeida, José Henrique Brissola Mendes, pelo apoio na execução e avaliação dos experimentos.

Ao Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus), junto ao corpo docente e todos os funcionários ao empenho e satisfação em transmitir informações e todos que colaboraram e auxiliaram no decorrer deste trabalho.

Aos colegas de mestrado, pela amizade, companheirismo, aprendizado, troca de informações e agradável convivência durante este curso.

Aos membros da banca de qualificação, Dr. Franklin Behlau e Dr. Fabrício E. Lanza, pelas valiosas contribuições.

Fungicidas para o controle do mofo cinzento causado por *Botrytis cinerea* em limão (*Citrus limon*)

Autor: Renato Sartori

Orientador: Dr. Geraldo José Silva Junior

Resumo

O mofo cinzento causado pelo fungo *Botrytis cinerea* ocorre em diferentes espécies de plantas cultivadas, tais como as frutíferas, as olerícolas e as ornamentais. O mofo cinzento é uma das principais doenças fúngicas em pomares de limão (*Citrus limon*), pois as deformações na casca depreciam a qualidade da produção no mercado de frutas frescas. No Brasil, os maiores problemas causados pela doença são observados em pomares de limão plantados nas regiões Sudeste e Sul. O manejo do mofo cinzento tem sido realizado por meio de diferentes métodos, tais como o controle químico com aplicação de fungicidas e o controle cultural com a realização de podas para maior aeração da copa das plantas. Na literatura há pouca informação relacionada com o controle químico de mofo cinzento em plantas de citros. Desta forma, objetivou-se com o presente estudo comparar a eficiência de diferentes fungicidas para o controle do mofo cinzento, e determinar a relação custo-benefício de cada produto. O experimento foi conduzido por duas safras, em um pomar comercial de limão ‘Rigoni’, com 11 anos de idade, localizado no município de Capão Bonito/SP. Os fungicidas: i) trifloxistrobina + tebuconazol; ii) fluxapiraxade + piraclostrobina; iii) pirimetanil + iprodiona; iv) tiofanato-metílico + fluazinam; v) oxicloreto de cobre e vi) fludioxonil + ciprodinil foram avaliados em cinco e quatro aplicações na primeira e na segunda safra, respectivamente. Plantas não pulverizadas serviram como controles. As proporções de mofo cinzento nas flores e de frutos deformados (comercializáveis e não comercializáveis) foram avaliadas. Na primeira safra, as chuvas foram observadas apenas no início do florescimento e, todos os tratamentos, independentemente da aplicação ou não de fungicidas, apresentaram menos de 4% de flores com mofo cinzento e de frutos com deformações na casca. A produtividade das plantas não foi afetada e as aplicações dos fungicidas se mostraram desnecessárias. Na safra seguinte, as chuvas foram mais distribuídas durante o florescimento e registradas em grandes volumes. Essa condição climática foi favorável para a infecção de 15% das flores por *B. cinerea* nas plantas não pulverizadas, as quais produziram 75% de frutos deformados. Em contrapartida, todos os fungicidas foram eficientes em reduzir em mais de 50% a incidência de mofo cinzento nas flores. Aplicações de fungicidas, exceto do oxicloreto de cobre, reduziram de 15 a 25% a incidência de frutos deformados, porém, apenas a mistura de trifloxistrobina + tebuconazol resultou em aumento significativo do retorno financeiro. A mistura fungicida trifloxistrobina + tebuconazol foi a mais eficiente em controlar o mofo cinzento e reduzir os danos causados pela doença nos frutos. Os resultados obtidos nesse estudo ajudarão os citricultores a selecionar os fungicidas mais eficientes para o manejo do mofo cinzento nos pomares.

Palavras-chave: *Citrus* spp., Doenças fúngicas, Fungicidas, Danos e perdas.

Fungicides for control of gray mold caused by *Botrytis cinerea* in lemon (*Citrus limon*)

Author: Renato Sartori

Advisor: Dr. Geraldo José Silva Junior

Abstract

Gray mold caused by *Botrytis cinerea* occurs in different crops, such as fruit, vegetables and ornamental plants. Gray mold is one of the main fungal diseases in lemons (*Citrus limon*), since the rind distortion depreciates the production quality in the fresh fruit market. In Brazil, the main gray mold problems are observed in lemon orchards located in the Southeast and South regions. Gray mold management has been performed through different methods, such as chemical control with fungicide applications, and cultural control with pruning of branch to increase tree canopy aeration. There is little information related to the chemical control of gray mold in citrus orchards. Thus, the aim of this study was to compare the efficiency of different fungicides for gray mold control, and to determine the cost-benefit of each commercial product tested. A field trial was conducted during two seasons, in an 11-yr-old 'Rigoni' lemon orchard, located in Capão Bonito, São Paulo State, Brazil. The fungicides: i) trifloxystrobin + tebuconazole; ii) fluxapyroxad + pyraclostrobin; iii) pyrimethanil + iprodione; iv) thiophanate-methyl + fluazinam; v) copper oxychloride, and vi) fludioxonil + cyprodinil were assessed in five and four sprays in the two seasons, respectively. Non-treated trees were used as controls. Gray mold incidences on flowers and rind distortion on fruit (classified in marketable and non-marketable) were assessed. In the first season, rainfall was observed only at the beginning of flowering, and trees sprayed and unsprayed with fungicides had less than 4% of flowers with gray mold and fruit with rind distortion. Yield was not affected by the disease, and fungicide applications were unnecessary. In the second season, rainfall was more distributed and recorded in high volumes. This condition was favorable for infection of 15% of flowers by *B. cinerea* in non-treated trees, which produced 75% of fruit with rind distortion. All fungicides tested were effective in reducing more than 50% of gray mold on flowers. Sprays of fungicides, except copper oxychloride, reduced the fruit distortion from 15 to 25%; however, only trifloxystrobin + tebuconazole mixture increased the financial return. Trifloxystrobin + tebuconazole mixture were the most effective in controlling gray mold on flowers, and reducing the damage caused by the disease on fruit. The results obtained in this study will help citrus growers to better manage gray mold in citrus orchards.

Keywords: *Citrus* spp., Fungal diseases, Fungicides, Loss and damage.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 7 |
| 2.1 Descrição da área experimental | 7 |
| 2.2 Delineamento experimental | 7 |
| 2.3 Descrição dos tratamentos | 7 |
| 2.4 Pulverizações | 8 |
| 2.5 Avaliações da doença e dos danos na produção | 9 |
| 2.6 Análise econômica..... | 10 |
| 2.7 Análise dos dados | 10 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 11 |
| 4. CONCLUSÃO | 23 |
| REFERÊNCIAS..... | 24 |

1. INTRODUÇÃO

A origem do limão (*Citrus limon* (L.) Burm), conhecido no Brasil como limão verdadeiro, tem sido fonte de controvérsias em relação a sua história e taxonomia. Acredita-se que ele seja nativo da porção oriental do Himalaia, na Índia e áreas adjacentes. Sua introdução na Europa ocorreu no século XI, com as cruzadas religiosas (Webber, 1943) e para América foi trazido pelas expedições de Colombo em 1493 (Pio et. al., 2005). Os limões e as limas ácidas são plantados em diferentes regiões do mundo, sendo os maiores produtores a China, a Índia, o México, a Argentina e o Brasil (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016).

No Brasil, os limões e as limas ácidas são incluídos em um mesmo grupo, onde estão as consideradas frutas cítricas com suco muito ácido e são popularmente denominados todos de limões. As principais espécies desse grupo cultivadas no país são os limões verdadeiros, a lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia*) e a lima ácida ‘Galego’ (*Citrus aurantifolia*) (Instituto de Economia Agrícola, 2013). Na safra 2015/2016, a produção brasileira de limão (estimada pelo total de todas frutas mais ácidas) foi de 1,2 milhões de toneladas, considerada a quinta maior do mundo (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016). A área colhida de limões e limas ácidas no Brasil em 2015/2016 foi estimada em 47 mil hectares. A região Sudeste representou aproximadamente 65% da área colhida e praticamente 80% da produção nacional (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2016).

O limoeiro é mais adaptado a regiões de clima subtropical, onde as temperaturas médias são abaixo de 20°C e a amplitude térmica se mantém em torno de 7°C (Coggins, 1984). É uma planta de crescimento ereto, muito vigorosa e expansiva, exigindo podas normalmente a partir do 7º ano de cultivo. Seus frutos são oblongos, elípticos, de coloração amarela quando maduros suas vesículas de óleo são grandes (Donadio et al., 1995). As plantas apresentam vários ciclos de florescimento em uma mesma safra, o que possibilita a realização de várias colheitas ao longo do ano (Coggins, 1984). As variedades mais cultivadas no mundo são Eureka, Femminello, Genova, Lisboa, Siciliano, Interdonato, Monachello, Verna e Villafranca. No Brasil, as variedades Eureka, Femminello, Lisboa e Genova têm sido as mais cultivadas, apesar de os limões da espécie *C. limon* serem conhecidas no Brasil, como limão Siciliano, essa denominação se aplica a uma variedade pouco cultivada (Donadio et al., 1995).

O limoeiro, bem como as demais espécies cultivadas de citros, pode ser acometido por diferentes doenças e pragas nas condições de clima do Brasil. Dentre elas, destaca-se a doença huanglongbing (HLB), causada por diferentes bactérias (*Candidatus Liberibacter* spp.), a pinta

preta, causada pelo fungo *Phyllosticta citricarpa*, o cancro cítrico, causado pela bactéria *Xanthomonas citri* subsp. *citri* e a gomose causada por oomicetos (*Phytophthora* spp.) (Bassanezi et al., 2016). Além dessas doenças, e particularmente em limoeiros, o mofo cinzento, causado pelo fungo *Botrytis cinerea*, é também importante.

O mofo cinzento é uma importante doença que afeta mais de 230 espécies de plantas, resultando em consideráveis perdas econômicas (Jarvis, 1980; Williamson et al., 2007). Em condições com clima favorável para o desenvolvimento da doença, epidemias severas podem ocorrer e acarretar grandes perdas econômicas (Shtienberg, 2004). As principais espécies de importância econômica atacadas são as frutíferas, como uva, pera, maçã, cereja, morango, kiwi e limão; as olerícolas, como alface, cenoura, berinjela, pepino, pimenta, tomate e abobrinha; e as plantas ornamentais, como a rosa, gérbera e crisântemo (Gullino, 1992). Em limoeiro, *B. cinerea* é responsável por causar queda de flores e deformação na casca de frutos (Calavan et al., 1952). Na Nova Zelândia, essa deformação da casca é um problema comum nos pomares de limoeiro, particularmente nas cultivares ‘Gênova’ e ‘Villa Franca’, podendo danificar até 30% dos frutos (Fullerton & Harris, 1997). A presença de deformações na casca é resultado da hiperplasia do tecido com acúmulo de lignina e suberina desencadeado pelo processo de infecção por *B. cinerea*. O dano é principalmente cosmético, o que leva a desvalorização do fruto no mercado *in natura* (Fullerton et al., 1999). No Brasil, os maiores danos causados pelo mofo cinzento em viveiro de mudas de eucalipto têm sido observados nas regiões Sul e Sudeste, regiões que possuem clima mais favorável para a sobrevivência, disseminação e infecção dos tecidos pelo patógeno. Aparentemente, umidade elevada e temperaturas relativamente baixas ou moderadas são condições ideais para que ocorra a infecção e maior esporulação do *B. cinerea* (Mafia et al., 2006).

O fungo *B. cinerea* é um patógeno necrotrófico e polífago, que produz escleródios e clamidósporos em diferentes partes das plantas, estruturas que garantem a sobrevivência do fungo em uma determinada área de uma safra para outra, uma vez que estas estruturas suportam condições ambientais adversas (Coley & Smith, 1980; Urbash, 1986; Elmer & Michailides, 2004). A fase sexuada *Botryotinia fuckeliana* ainda não foi constatada no Brasil, mas pode ocorrer em condições específicas quando os escleródios do fungo produzem apotécios dos quais se originam os ascósporos (Tofoli et al., 2011; Jarvis, 1980).

O patógeno *B. cinerea* produz conídios (esporos assexuados), que são dispersos a longas distâncias em diferentes épocas do ano pelo vento e insetos e por respingos de água da chuva a curtas distâncias (Jarvis, 1980; Williamson et al., 2007). Os conídios são liberados por meio de uma torção no conidióforo provocada por alterações na umidade relativa (Fitt et al., 1985). A

viabilidade dos conídios tem curta duração em condições de campo, sendo determinada pela ocorrência ou não de condições climáticas adversas (Coley & Smith, 1980). O conídio, ao ser depositado na superfície do hospedeiro, inicia o processo de germinação, podendo desenvolver de um a quatro tubos germinativos com posterior formação de apressório (Holz et al., 2004; Caires, 2015). As infecções nos diferentes hospedeiros podem ocorrer pelas aberturas naturais, ferimentos ou por meio de penetração direta de pétalas, sépalas, estigmas, folhas e frutos jovens (Clark & Lorbeer, 1976; Elad, 1988).

Em limoeiro, os conídios germinam, infectam e colonizam as flores. As hifas do patógeno oriundas de pétalas aderidas aos frutos crescem na superfície dos mesmos formando um aglomerado de hifas, conhecida como almofada de infecção (Fullerton et al., 1999). Com este processo é desencadeada uma resposta de defesa no fruto que impede o estabelecimento do fungo. Alterações fisiológicas e desenvolvimento acelerado dos tecidos localizados abaixo e ao redor do aglomerado de hifas são observados, embora não haja evidências de colonização do patógeno nesses tecidos. À medida que os frutos crescem, ocorre hiperplasia em várias camadas de células da epiderme, o que leva a formação de deformações na superfície do fruto. Essa deformação vai se tornando alongada, achatada e espessa à medida que o fruto aumenta de tamanho (Fullerton et al., 1999). Esses sintomas muitas vezes podem ser confundidos aos da verrugose dos citros, causada por *Elsinoë fawcetti* (Fullerton et al., 1999). A temperatura e a umidade (molhamento) são fatores essenciais para a germinação de conídios e a penetração dos tecidos (Williamson et al., 1995). Os conídios de *B. cinerea* germinam em sua totalidade em temperaturas entre 5 e 20 °C, com umidade em torno de 100% (Jarvis, 1977). Em estudos realizados com flores e bagas de uva, períodos de molhamento acima de 12 horas foram suficientes para o desenvolvimento das lesões de mofo cinzento (Nair & Allen, 1993).

O manejo do mofo cinzento nos diferentes hospedeiros é difícil devido à capacidade do patógeno sobreviver em uma ampla gama de hospedeiros e infectar diferentes partes das plantas, como folhas, caules, flores e frutos (Gullino, 1992). Os principais métodos de controle são o cultural, o biológico e o químico. Em pomares de limão verdadeiro na Nova Zelândia, o controle cultural com o uso da poda de ramos é uma estratégia usada para manejar o mofo cinzento, uma vez que a redução da densidade da copa das plantas facilita a secagem das folhas, flores e frutos (Fullerton et al., 1999). Em videiras, a poda denominada de especial, que retira folhas, ramos e bagas abortadas da copa, é considerada uma das medidas mais importantes para reduzir a fonte de inóculo. Essa prática tem reduzido em até 30% a incidência da doença (Elmer & Michailides, 2004). O controle biológico tem sido uma alternativa eficiente para o controle do mofo cinzento. Em videiras tem se usado a bactéria *Bacillus subtilis*, uma vez que atua

inibindo a germinação dos conídios e ativando o sistema de defesa da planta (Stadnik & Talamini, 2004). Em morangueiro a alternativa é o uso do fungo *Clonostachys rosea*, que compete por nutrientes e espaço ou atua por micoparasitismo contra o patógeno. As hifas de *C. rosea* podem parasitar conídios, escleródios e hifas de *B. cinerea* (Sutton, 1995). No Brasil, os isolados de *C. rosea* testados em folhas de morangueiro, roseira, eucalipto e tomateiro foram eficientes em competir e reduzir a esporulação de *B. cinerea* (Nobre et al., 2005). Para a maioria das espécies cultivadas não há variedades comerciais resistentes ao mofo cinzento, porém existem variedades de videira com diferenças na susceptibilidade ao fungo, que são atribuídas à arquitetura da planta e a densidade de folhagem (Leroux, 2004).

As medidas de controle cultural e biológico se mostram importantes na redução da intensidade do mofo cinzento em diferentes espécies de plantas cultivadas. Entretanto, o controle químico tem sido a principal estratégia de manejo para reduzir os sintomas causados por *B. cinerea*. Em culturas afetadas por *B. cinerea*, os fungicidas são utilizados principalmente para proteção das flores e frutos (Davidson et al., 2004). A maioria dos fungicidas utilizados no controle do mofo cinzento apresenta modo de ação sobre a respiração (inibidores de quinona externa, QoI), biossíntese de ergosterol (inibidores de desmetilação de esteróis, DMI), e divisão celular (Leroux, 2004). Isolados de *B. cinerea* de eucalipto se mostraram altamente sensíveis aos fungicidas do grupo DMI, bem como a misturas de fungicidas desse grupo com procimidona (dicarboximida), captana (multissítio) e benomil (metil-benzimidazol carbamatos, MBC) e outras misturas contendo procimidona e iprodiona (dicarboximida). Os DMIs foram eficientes na redução do crescimento micelial, da germinação de conídios e na erradicação de escleródios (Kimura et al., 2001). Os fungicidas iprodiona, pirimetanil (anilino pirimidinas, AP), boscalida (inibidores da succinato desidrogenase, SDHI), fludioxonil (fenilpirrol, PP), tebuconazol (DMI) e fenpirazamine (biossíntese de ergosterol em membranas, SBI – Classe III) foram testados em laboratório com isolados de *B. cinerea* de videira e morangueiro. Todos os produtos, exceto fenpirazamine, foram eficientes na inibição do crescimento micelial e germinação de conídios de *B. cinerea* (Leroux, 2004; Kim et al., 2016). Em cultivos de morango na Florida (EUA), *B. cinerea* pode ser controlado com fludioxonil (PP) + ciprodinil (AP) ou fluopiram (SDHI) + pirimetanil (AP) durante o pico de floração sob condições climáticas muito favoráveis, e com fungicidas multissítio, como captana e tiram, aplicados na ausência de florescimento. Para reduzir o número de aplicações os produtores têm a opção de usar um sistema de previsão chamado *Strawberry Advisory System* (Cordova et al., 2017).

O número de aplicações varia em função da espécie de planta cultivada. Em videiras, mais de 20 aplicações podem ser realizadas, sendo mais comum o uso de pulverizações para

proteger as partes aéreas das plantas (Leroux, 2004). Na cultura do morango as aplicações têm sido realizadas principalmente nas fases de broto branco, flor aberta e flor senescente, uma vez que são as mais suscetíveis à infecção, enquanto as flores no estágio de broto verde são relativamente resistentes (Shtienberg, 2004).

O uso excessivo de fungicidas tem gerado resistência de *B. cinerea* em videiras a diferentes grupos de fungicidas, tais como MBC, fenilcarbamatos e dicarboximidas. A rotação de grupos químicos de fungicidas tem sido uma estratégia antirresistência utilizada no controle desse patógeno em videiras e apenas uma pulverização para cada grupo químico tem sido recomendada por safra (Leroux, 2004). O Comitê de Ação de Resistência a Fungicidas (FRAC, sigla em inglês) reporta resistência de *B. cinerea* a diferentes grupos de fungicidas, tais como DMI, QoI, MBC, SDHI, AP e alguns compostos com ação multissítio, como os ditiocarbamatos. Na cultura dos citros, resistência desse patógeno é relatada para QoI em alguns países (FRAC, 2018; Kansako et al., 2005; Ishii et al., 2009).

Apesar da importância econômica do mofo cinzento para a cultura do limão, pouco se sabe sobre seu controle com fungicidas. As primeiras tentativas de controle das deformações na casca do limão com aplicação de fungicidas foram realizados na década de 1990, na Nova Zelândia, em ensaios de campo que proporcionaram resultados variáveis. Nesses trabalhos foram avaliados vários fungicidas, sendo que a maior eficiência foi obtida com a aplicação do multissítio dichlofluanid (Fullerton & Harris, 1997).

No sistema Agrofit do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA) somente o fungicida tiofanato-metílico (MBC) está registrado para o controle de mofo cinzento em citros, que apresenta alto risco de resistência pelo patógeno, já relatada em isolados de *B. cinerea* de videira. Para as culturas do morangueiro e da videira estão registrados no MAPA, tiofanato-metílico, boscalida, iprodiona, captana pirimetanil, procimidona, clorotalonil e mancozebe. A mistura de tiofanato metílico + fluazinam (inibidor de quinona interna, QiI) tem registro no Brasil para mofo cinzento nas culturas de berinjela e pimentão. A mistura de pirimetanil + iprodiona tem produtos comerciais registrados no MAPA para mofo cinzento nas culturas de uva, morango e rosa (Agrofit, 2018). A mistura de ciprodinil + fludioxonil, apesar de ainda não ser comercializada no Brasil, está registrada para o controle de *B. cinerea* nas culturas de uva, morango, tomate, alface, berinjela, feijão, pepino e pimentão nos Estados Unidos e na Europa (Syngenta EUA, 2018a; Syngenta Europa 2018b).

Os fungicidas a base de cobre, tais como oxiclureto de cobre, hidróxido de cobre e óxido cuproso, apresentam registro no Brasil para o controle de doenças que afetam frutos de citros, como a verrugose (*Elsinoë* spp.), a melanose (*Diaporthe citri*), a gomose (*Phytophthora* spp.),

a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) e a rubelose (*Erythricium salmonicolor*). Esses produtos são aplicados em plantas de citros a partir da fase de queda de pétalas, quando os frutos estão nas fases iniciais de formação (Silva Junior et al., 2016; Lanza et al., 2018), período no qual esses frutos ainda podem ser afetados por *B. cinerea*, exceto para o controle preventivo da podridão parda causada por *Phytophthora* spp. que deve ser aplicado na fase de alisamento de casca dos frutos. A mistura de tebuconazol (DMI) + trifloxistrobina (QoI), registrada para citros no MAPA, é considerada um dos produtos mais eficientes no controle da podridão floral, sendo utilizada durante o florescimento dos citros (Silva Junior, 2019). A piraclostrobina (QoI) + fluxapiraxade (SDHI) apresenta produto comercial registrado em citros para pinta preta dos citros e podridão floral, e está incluída na Lista PIC (Fundo de Defesa da Citricultura, 2019).

Em função dos danos causados pelo mofo cinzento em limão e do número reduzido de trabalhos disponíveis na literatura com controle químico dessa doença, tornou-se necessário avaliar a eficiência de diferentes fungicidas disponíveis no mercado para o controle de *B. cinerea* em citros. Baseado no exposto, esse trabalho teve por objetivo avaliar a eficácia de fungicidas no controle do mofo cinzento em pomar de limão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido nas safras 2017/2018 e 2018/2019, em pomar comercial de limão ‘Rigoni’ (*C. limon*) enxertado em limão ‘Volkameriano’ (*Citrus volkameriana*), com plantio em 2008, espaçamento de 7,0 x 4,0 m, totalizando 357 plantas por hectare, localizado no município de Capão Bonito (Figura 1), região Sudoeste do estado de São Paulo (latitude 23°51’32” e longitude 48°16’48”). O pomar não apresenta sistema de irrigação e tem histórico de ocorrência de mofo cinzento em safras anteriores.



Figura 1. Localização do município de Capão Bonito no estado de São Paulo. Fonte: Wikipédia, 2018 (A) e pomar de limão ‘Rigoni’ (*Citrus limon*), onde foi conduzido o experimento com fungicidas para o controle do mofo cinzento causado por *Botrytis cinerea*, em Capão Bonito, nas safras 2017/2018 e 2018/2019 (B).

2.2. Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, composto por sete tratamentos e quatro repetições, perfazendo um total de 28 parcelas. Cada bloco foi composto por três linhas de plantio. Cada parcela foi constituída por 30 plantas, sendo três linhas com 10 plantas cada. A parcela útil para avaliação em flores foi composta pelas duas plantas centrais da linha central de cada parcela e para avaliação em frutos foi composta pelas quatro plantas centrais da linha central.

2.3. Descrição dos tratamentos

O experimento foi composto por sete tratamentos com aplicações de seis fungicidas comerciais para o controle do mofo cinzento durante o florescimento das plantas de limão nas duas safras. As seis formulações testadas foram escolhidas com base na eficácia observada no controle de *B. cinerea* ou patógenos similares em outras culturas, na disponibilidade do produto

para compra no estado de São Paulo e/ou na ausência de relatos de resistência do patógeno aos ingredientes ativos. A dose utilizada de cada produto foi definida em função da dose de bula recomendada para o controle do patógeno em outras culturas. Plantas não pulverizadas com fungicidas durante o florescimento serviram de controle (Tabela 1). A mistura fungicida de fludioxonil + ciprodinil foi testada apenas na primeira safra devido a indisponibilidade da mesma para a realização do ensaio na segunda safra.

Tabela 1. Fungicidas e doses utilizados no experimento conduzido em pomar de limão ‘Rigoni’ (*Citrus limon*) para o controle do mofo cinzento causado por *Botrytis cinerea*, em Capão Bonito/SP, nas safras 2017/2018 e 2018/2019.

| Ingrediente ativo | Nome comercial | Empresa | Dose p.c. (Kg ou L/2000L) | Dose i.a. (g/2000L) |
|---|----------------|----------|---------------------------|---------------------|
| 10% trifloxistrobina + 20% tebuconazol | Nativo | Bayer | 0,8 | 80 + 160 |
| 33,3% fluxapiroxade + 33,3% piraclostrobina | Orkestra SC | Basf | 0,4 | 130 + 130 |
| 15% pirimetanil + 25% iprodiona | Certus | Bayer | 1,5 | 225 + 375 |
| 37,5% tiofanato-metílico + 37,5% fluazinam | Approve | Ihara | 1,0 | 375 + 375 |
| 84% oxicloreto de cobre | Recop | Atanor | 3,6 | 3000 |
| 25% fludioxonil + 37,5% ciprodinil | Switch | Syngenta | 0,5 | 125 + 187 |
| Sem aplicação | | | | |

2.4. Pulverizações

Nas duas safras, as pulverizações foram realizadas com turbo-atomizador da marca Natali, modelo Alfa 4000 Citrus (Natali, Limeira, SP, Brasil), com capacidade para 4000 litros. O conjunto trator e pulverizador foi calibrado para trabalhar na velocidade de 3 km/h e pressão de 150 lbs/pol² (psi). As pontas e difusores utilizados foram de cerâmica modelo AD4/AC25, cone vazio, da série Disc & Core (Jacto). O volume de calda utilizado foi de 100 mL de calda/m³, representou 14 litros de calda/planta (5000 L/ha), uma vez que as plantas tinham um volume de copa de 140 m³. A primeira pulverização foi realizada no estágio de botões verdes e fechados (R1/R2) (Silva Junior et al., 2014). As demais aplicações foram realizadas com intervalos de 7 a 14 dias na primeira safra e intervalos de 11 a 13 dias na segunda safra, de acordo com o desenvolvimento dos botões florais, sendo a última aplicação realizada no estágio de queda de estigma e estilete (R7). Um total de cinco aplicações foram realizadas durante o período de florescimento da primeira safra e quatro aplicações no florescimento da segunda safra.

2.5. Avaliações da doença e dos danos na produção

Durante as duas safras foram realizadas avaliações em flores e em frutos. As avaliações de sintomas de mofo cinzento em flores foram realizadas em 50 flores por planta, nas duas plantas centrais da linha central de cada parcela (100 flores por parcela). Na safra 2017/2018 foram realizadas quatro avaliações nos dias 22/08/17, 29/08/17, 05/09/17 e 12/09/17. Na segunda safra foram feitas três avaliações nos dias 17/09/18, 24/09/18 e 01/10/18 (Figura 2).



Figura 2. Flores de limão ‘Rigoni’ sem (A) e com (B-C) sintomas de mofo cinzento causado pelo fungo *Botrytis cinerea*. As pétalas com coloração cinzenta representam a esporulação do fungo na superfície dos tecidos.

Na safra 2017/2018, a avaliação de deformações em frutos e produtividade das plantas foi realizada entre os dias 20 e 22/02/2018, por meio da colheita de todos os frutos das quatro plantas centrais da linha central de cada parcela. Os frutos colhidos foram classificados em três categorias quanto à intensidade dos sintomas (deformações) causados pelo patógeno na superfície dos mesmos: i) frutos sadios (sem deformações); ii) frutos doentes comercializáveis destinados para o mercado interno (com poucas deformações e manchas nos frutos de grau leve, até cinco por fruto) e; iii) frutos doentes não comercializáveis destinados para a indústria de suco (com mais de cinco deformações por fruto e /ou de grau mais avançado) (Figura 3). Após a classificação, os frutos de cada categoria foram pesados. A produtividade total das plantas foi obtida por meio da soma dos pesos dos frutos das três categorias. Na safra 2018/2019, a avaliação da produtividade foi realizada entre os dias 09 e 11/01/2019.



Figura 3. Classificação dos frutos de limão (*Citrus limon*) de acordo com a severidade dos sintomas. Fruto sem sintomas de deformação na casca causada por infecção de *Botrytis cinerea* (A); fruto com até cinco deformações, porém comercializável no mercado de fruta fresca (B); fruto com mais de cinco deformações, não comercializável no mercado de fruta fresca (C).

2.6. Análise econômica

A análise econômica realizada para os diferentes tratamentos considerou os preços dos fungicidas praticados no estado de São Paulo na safra 2018/2019, sendo R\$89,35/L de Nativo (trifloxistrobina + tebuconazol), R\$361,90/L de Orkestra (fluxapiraxade + piraclostrobina), R\$105,00/kg de Certus (pirimetanil + iprodiona), R\$127,69/kg de Approve (tiofanato metílico + fluazinam) e R\$22,00/kg de Recop (oxicloreto de cobre). Como o fungicida comercial Switch (fludioxonil + ciprodinil), testado na primeira safra, não é comercializado no Brasil, para fins de comparação, seu valor obtido em diferentes sites de vendas de outros países e foi convertido em reais (R\$630,00/kg). Além dos fungicidas, foram considerados os custos com hora-máquina (R\$114,92) e hora-homem (R\$8,14/ha/aplicação), entre 2016 e 2018, para realização das pulverizações (FNP Consultoria & Comércio, 2018). O retorno financeiro obtido com o controle foi estimado pela multiplicação da quantidade de caixas de 40,8 kg produzidas por hectare pelo valor da caixa de frutos sadios (exportação, mercado externo, R\$80,00/caixa), de comercializáveis com poucos sintomas (mercado interno de frutas frescas, R\$40,00/caixa) e não comercializáveis com muitos sintomas (indústria de suco, R\$25,00/caixa) e subtração do custo de controle de cada tratamento com fungicidas.

2.7 Análise dos dados

Os dados de proporção de flores com mofo cinzento, de frutos sadios, de frutos doentes comercializáveis e de frutos doentes não comercializáveis, bem como a produção total de frutos doentes ou não, proporção de doentes, sintomáticos comercializáveis e retorno financeiro foram submetidos à análise de variância e quando necessário as médias foram comparadas estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o florescimento da primeira safra, que ocorreu de 03 de agosto a 26 de setembro de 2017 (55 dias), foram observados sete dias com chuvas que variaram de 3 a 44 mm, totalizando um volume de 82 mm no período. As chuvas ocorreram no início da floração, quando os botões florais estavam fechados passando da coloração verde (R2) para a branca (R3). Após essas chuvas, um longo período seco foi observado desde a fase botão branco expandido (R4) até a fase de queda de pétalas e de estigma e estilete (R7) (Figura 4A). No florescimento da segunda safra, que ocorreu de 05 de setembro a 20 de outubro de 2018 (46 dias), foram observados 20 dias com chuvas de 2 a 50 mm, totalizando um volume de 245 mm no período. As chuvas foram melhor distribuídas e dois períodos com cinco e seis dias consecutivos de chuvas foram observados nas fases finais de florescimento, do 33º ao 43º dia (Figura 4B). As temperaturas médias diárias na primeira safra variaram de 13,5 a 24 °C e na safra seguinte de 14 a 24,5 °C. Nas duas safras, as temperaturas mínimas diárias registradas variaram de 6 a 17 °C e as máximas entre 16 e 34 °C (Figura 4).

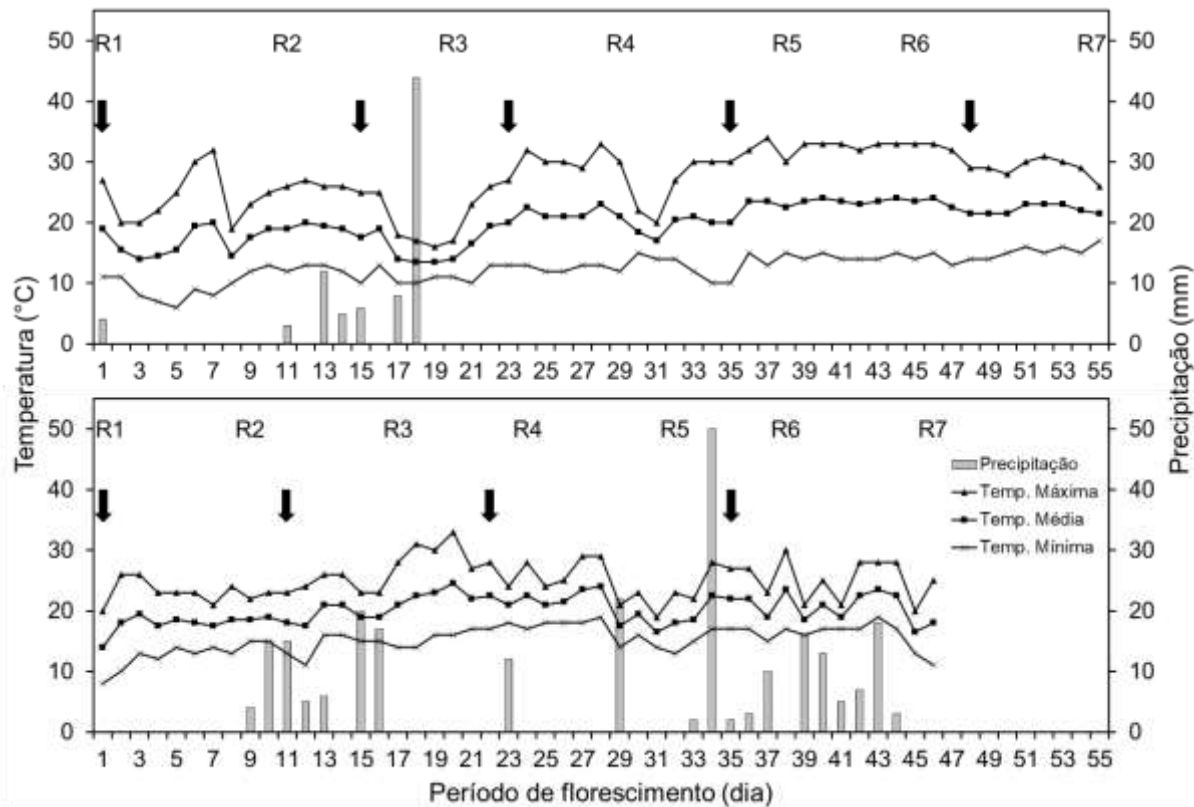


Figura 4. Precipitação e temperaturas mínima, média e máxima diárias registradas durante o florescimento de limão ‘Rigoni’, que ocorreu de 03/08/2017 (Dia 1) a 26/09/2017 (Dia 55) na safra 2017/2018 (A) e de 05/09/2018 (Dia 1) a 20/10/2018 (Dia 46) na safra 2018/2019 (B), no município de Capão Bonito/SP. R1 a R7 são os estádios reprodutivos de florescimento descritos por Silva Junior et al. (2014). As setas pretas correspondem aos dias das aplicações de fungicidas nas duas safras.

Na primeira safra não foram constatados sintomas de mofo cinzento nas duas primeiras avaliações de flores, provavelmente devido à ocorrência de chuvas durante as fases em que os botões eram mais jovens e menos suscetíveis às infecções pelo patógeno. Os sintomas começaram a aparecer a partir das terceira e quarta avaliações, embora em intensidades reduzidas, uma vez que os sintomas dessa doença normalmente são expressos nos estádios mais avançados de florescimento, quando as pétalas estão entrando em senescência (Elmer & Michailides, 2004). As plantas não pulverizadas com fungicidas apresentaram incidência máxima de 4,0% de flores sintomáticas. Os demais tratamentos com aplicações de fungicidas não diferiram entre si, com incidências que variaram de 0 a 2,0%. Mesmo sob condições climáticas menos favoráveis, as misturas de trifloxistrobina + tebuconazol e fluxopiroxade + piraclostrobina reduziram significativamente a porcentagem de flores doentes nas plantas tratadas em comparação com plantas sem pulverização com os fungicidas (Figura 5A).

Na segunda safra, as plantas não pulverizadas com os fungicidas durante o florescimento apresentaram 14,0% de flores com sintomas de mofo cinzento, diferindo das incidências

observadas nas plantas tratadas com os fungicidas, que variam de 0 a 7,8% (Figura 5B). O oxiclreto de cobre foi o fungicida que apresentou menor eficiência de redução de flores doentes, uma vez que as plantas apresentaram incidência média de 7,8% de flores com mofo cinzento. Os tratamentos com os produtos tiofanato-metílico + fluazinam e pirimetanil + iprodiona apresentam respectivamente 4,0 e 3,3% de flores doentes e não diferiram entre si e foram significativamente similares a incidência de 1,0% observada em plantas tratadas com trifloxistrobina + tebuconazol. As plantas pulverizadas com a mistura fluxaproxade + piraclostrobina não apresentaram sintomas de mofo cinzento nas flores, sendo a eficiência de controle desse produto significativamente similar a observada para a mistura trifloxistrobina + tebuconazol (Figura 5B).

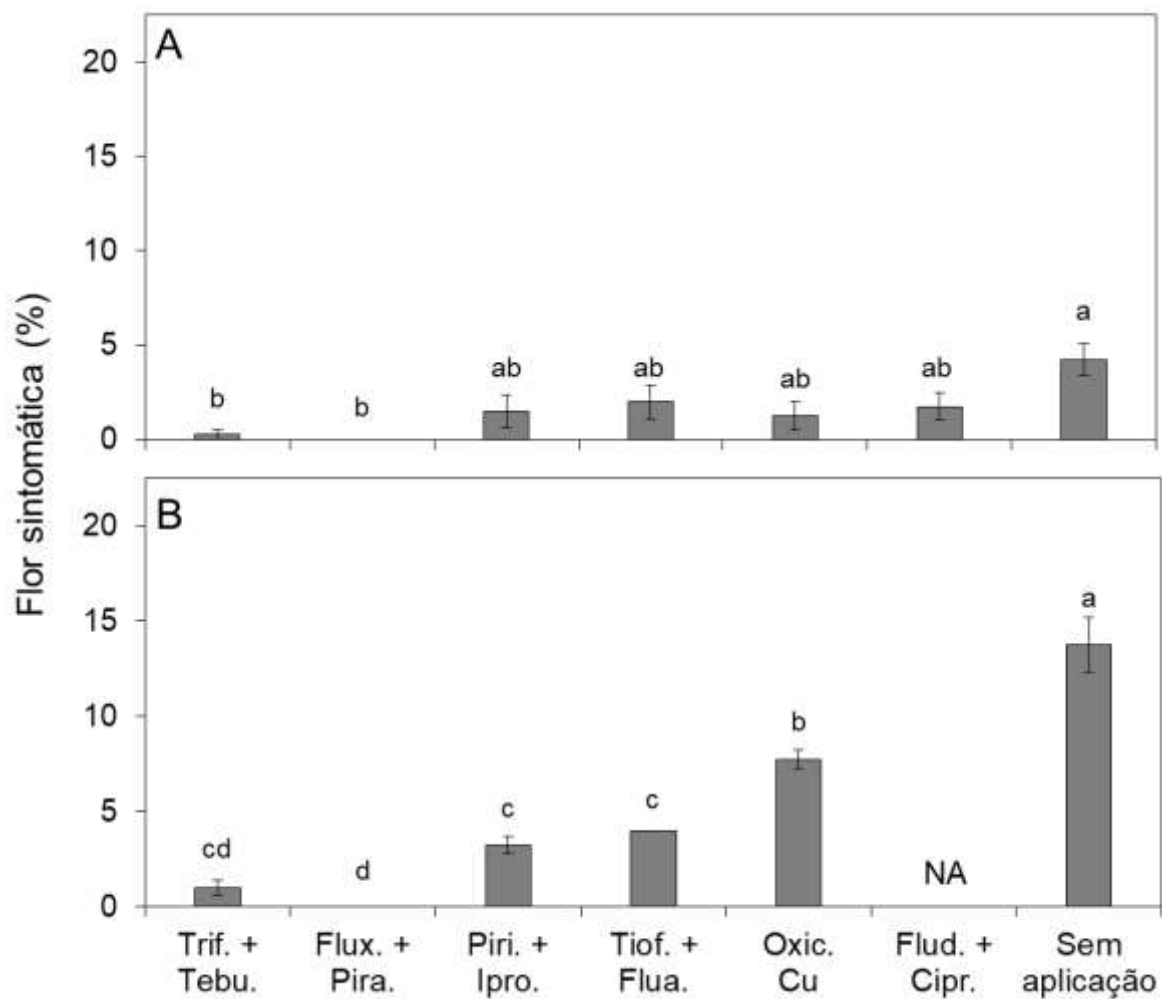


Figura 5. Porcentagem de flores com sintomas de mofo cinzento causado por *Botrytis cinerea* avaliadas em plantas de limão ‘Rigoni’ pulverizadas com diferentes fungicidas em Capão Bonito/SP, na safra 2017/2018 (A) e 2018/2019 (B). Trif. + Tebu. = Trifloxistrobina + Tebuconazol (Nativo), Flux. + Pira. = Fluxapiraxade + Piraclostrobina (Orkestra), Piri. + Ipro. = Pirimetanil + Iprodiona (Certus), Tiof. + Flua. = Tiofanato metílico + Fluazinam (Approve), Oxic. Cu = Oxicloreto de cobre (Recop) e Flud. + Cidr. = Fludioxonil + Ciprodinil (Switch). NA = fungicida não avaliado na segunda safra. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (Tukey; $p=0,05$).

A expressão dos sintomas de mofo cinzento nas flores e frutos está relacionada com condições de temperatura e molhamento favoráveis para a infecção e posterior colonização do hospedeiro pelo patógeno (Williamson et al., 1995). Na primeira safra desse estudo, as baixas incidências e severidades de mofo cinzento, principalmente nas flores de plantas não tratadas com fungicida, podem ser explicadas pela ocorrência das chuvas apenas no início da floração, nos estádios de R1 a R3, os quais são caracterizados por botões ainda fechados e menos suscetíveis as infecções. Em estudos conduzidos em limoeiro na Nova Zelândia com aplicações de fungicidas sendo realizadas apenas no início do florescimento mostraram eficiência reduzida no controle do mofo cinzento (Fullerton et al., 1995). No presente estudo, durante o

florescimento da primeira safra os estádios de R5 a R7, em que as flores estavam abertas e as pétalas em senescência, foi registrado um longo período de seca, o que resultou em baixa incidência de mofo cinzento nas flores. Entretanto, durante o florescimento da segunda safra as chuvas foram bem distribuídas e em maior volume, condição esta que foi mais favorável para a infecção das flores por *B. cinerea*, principalmente nos estádios finais de florescimento, os quais são relatados como mais suscetíveis (Elmer & Michailides, 2004). Em pomares de limoeiro, alguns fatores favorecem o aumento da doença, dentre eles a expressiva queda de folhas no solo, ocorrência de várias floradas ao longo do ano, a presença contínua de propágulos do fungo no pomar, a alta incidência de colonização de flores senescentes e a proximidade do inóculo aos frutos jovens (Fullerton & Harris, 1997). De acordo com esses autores, todos esses fatores normalmente ocorrem de forma simultânea em pomares adultos, onde há acúmulo de inóculo ao longo dos anos, ineficiência de controle da doença e conseqüentemente, sua ocorrência em níveis severos provocando danos na casca dos frutos.

A proporção de frutos doentes foi similar à incidência de flores com mofo cinzento na primeira safra do estudo. As plantas apresentaram menos de 4% de frutos com deformações, independentemente da aplicação ou não de fungicidas. Portanto, a baixa porcentagem de flores doentes esteve relacionada com a baixa porcentagem de frutos doentes comercializáveis e não comercializáveis (Figura 6A). Na segunda safra, a incidência de frutos com deformações causadas por *B. cinerea* variou de 56 a 75%, sendo os maiores valores observados nas plantas sem pulverização com fungicida, ou pulverizadas com oxicloreto de cobre. As plantas tratadas com os fungicidas trifloxistrobina + tebuconazol, fluxapiróxade + piraclostrobina e tiofanato-metílico + fluazinam foram as que apresentaram maiores porcentagens de frutos sadios (em torno de 44%). Adicionalmente, as plantas tratadas com trifloxistrobina + tebuconazol e fluxapiróxade + piraclostrobina apresentaram as menores porcentagens de frutos doentes não comercializáveis (em torno de 20%) (Figura 6B).

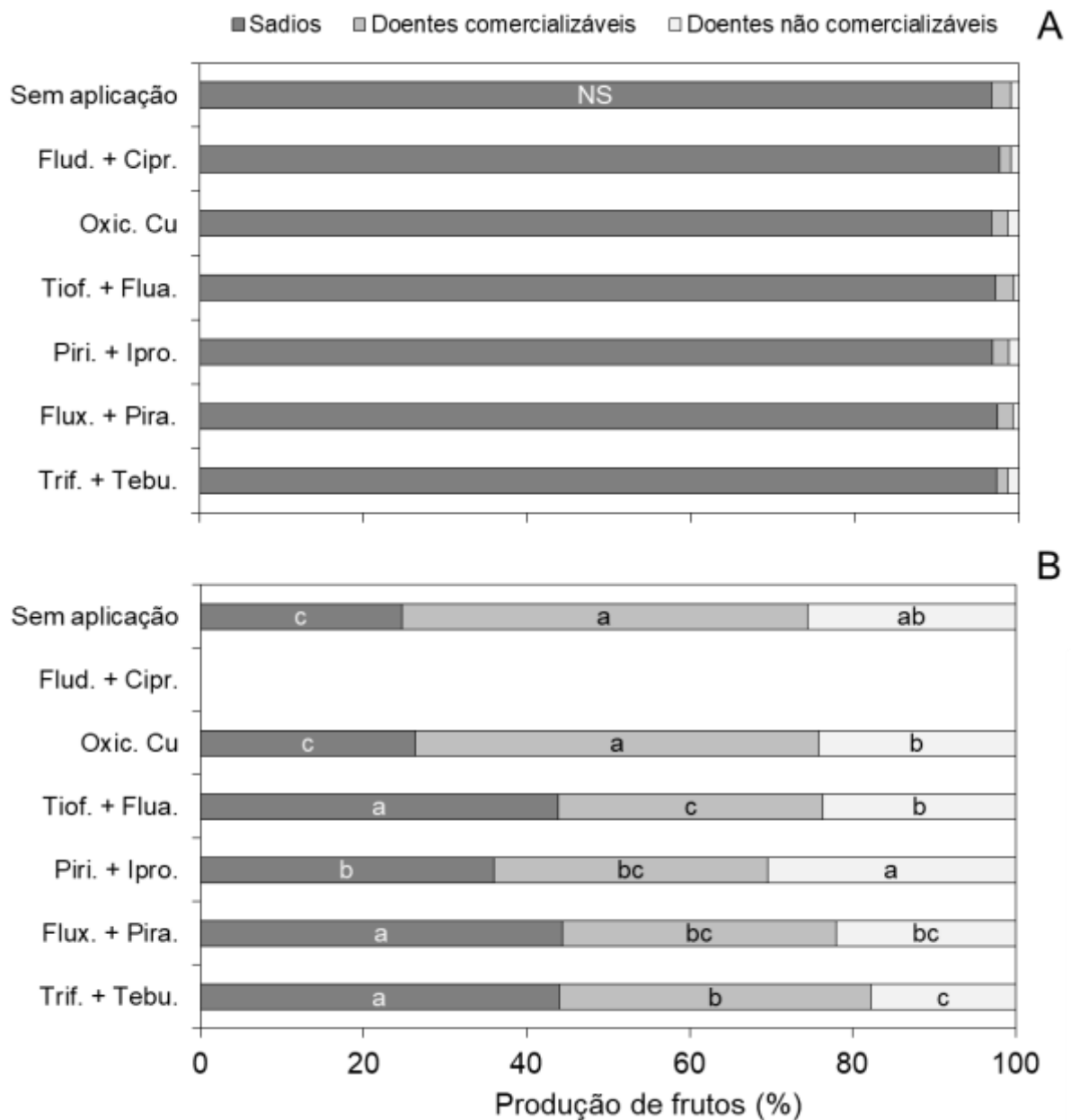


Figura 6. Proporção em porcentagem de frutos sadios, frutos doentes comercializáveis e frutos doentes não comercializáveis causados por *Botrytis cinerea* em frutos de limão ‘Rigoni’ pulverizados com diferentes fungicidas no município de Capão Bonito – SP na safra 2017/2018 (A) e na safra 2018/2019 (B). Oxic. Cu = Oxidloreto de cobre (Recop), Trif. + Tebu. = Trifloxistrobina + Tebuconazol (Nativo), Flux. + Pira. = Fluxaproxade + Piraclostrobina (Orkestra), Tiof. + Flua. = Tiofanato metílico + Fluazinam (Approve), Flud. + Cipr. = Fludioxonil + Ciprodinil (Switch), Piri. + Ipro. = Pirimetanil + Iprodiona (Certus). NA = produto não avaliado na segunda safra. NS, não significativo ($p>0,05$). Barras de mesma cor com letras iguais não diferem entre si. (Tukey, $p=0,05$).

A baixa porcentagem de flores com mofo cinzento (15%) observada no tratamento sem aplicação de fungicida e a alta incidência de frutos com deformações (75%) nessas mesmas plantas, pode ser explicada pela infecção direta dos frutos sem antes ocorrer infecção das flores, bem como pela dificuldade de avaliação das flores e pela ocorrência de múltiplas floradas em

plantas de limão, o que pode resultar em infecções das flores em diferentes momentos e variações na incidência da doença no mesmo ramo ao longo do tempo. Adicionalmente, as chuvas bem distribuídas e intensas durante o período de florescimento podem favorecer o destacamento das pétalas doentes do receptáculo antes das mesmas serem avaliadas, o que reduziria a incidência de flores doentes em uma determinada avaliação de sintomas.

As elevadas porcentagens de frutos deformados (comercializáveis ou não) na segunda safra podem ser explicadas pela condição climática muito favorável para a infecção de *B. cinerea* nas fases finais dos estádios reprodutivos (R5 a R7). Além disso, as deformações estariam associadas com a hiperplasia das células em resposta da planta ao crescimento do fungo sob a epiderme dos frutos e não às infecções das flores (Fullerton & Harris, 1997). De acordo com esses autores, as infecções de *B. cinerea* ocorrem em flores em senescência, posteriormente as pétalas dessas flores colonizadas ficam aderidas aos frutos ainda jovens e, os esporos produzidos em grande quantidade na superfície das pétalas lesionadas iniciam o processo de infecção na superfície dos frutos ainda em estádios iniciais de formação, levando a formação das deformações na casca.

A presença de flores durante todo o ano nas plantas de limão, a colonização rápida, intensa e densa do patógeno na superfície das flores, a formação de um aglomerado de tecidos doentes e a proximidade dessa fonte de inóculo aos frutos jovens, provavelmente contribuem para reduzir a cobertura e deposição dos fungicidas no alvo e, conseqüentemente dificultando sua ação no controle da doença (Fullerton et al., 1999). Em outras culturas, o mofo cinzento apresenta danos diferentes em relação aos observados em limão. Na cultura da videira, alguns estudos mostram correlações significativas entre a colonização de *B. cinerea* em tecidos florais senescentes e a intensidade de mofo cinzento nos frutos no momento da colheita. As flores de videira são altamente suscetíveis, com isso, *B. cinerea* infecta as mesmas e permanece quiescente em frutos jovens e, quando esses frutos amadurecem, o patógeno coloniza os mesmos, causando a podridão da baga (Elmer & Michailides, 2004).

A produtividade das plantas nos diferentes tratamentos foi similar nas duas safras de avaliação, independentemente da aplicação ou não de fungicida durante o florescimento (Figuras 7A-B). Esses resultados corroboram com os observados por Fullerton et al. (1999) na Nova Zelândia, onde a média de frutos em ramos inoculados e não inoculados foi similar, embora os ramos inoculados tenham apresentado maior incidência de frutos deformados. Em nosso estudo, as incidências de flores doentes nas plantas dos diferentes tratamentos, sempre inferiores a 15% nas duas safras, não influenciaram negativamente na produtividade das plantas. A relação teórica entre produção e intensidade de doenças de plantas muitas vezes é

representada pela existência de um limiar abaixo do qual não ocorre redução de produção (Madden et al., 2007). Em nosso estudo não houve diferenças nas produções entre os tratamentos, pois esse limiar pode ser mais alto que as intensidades de até 15% de mofo cinzento observadas nas flores, ou a produção de limão pode não ser alterada mesmo em plantas severamente afetadas por mofo cinzento. Para outras doenças dos citros, como a podridão floral, alguns trabalhos realizados com laranja doce recomendam pulverização de fungicidas somente quando mais de 20% das flores apresentam sintomas, uma vez que incidências inferiores parecem não afetar a produção das plantas (Timmer & Brown, 2000; Peres et al., 2002). No caso da pinta preta, quando a severidade média de frutos doentes na planta de laranja doce é inferior a 3% não há redução significativa na produtividade das plantas de laranja doce (Catapani, 2015).

A produção de frutos doentes, comercializáveis ou não, foi similar em plantas pulverizadas ou não com fungicidas na primeira safra (Figura 7C). Isso pode ser explicado pela baixa ocorrência de chuvas durante o período de floração, que resultou em baixa incidência tanto de mofo cinzento nas flores quanto de deformações nos frutos. Em contrapartida, na safra seguinte, quando as chuvas foram mais frequentes e intensas, a porcentagem de frutos doentes atingiu 75% nas plantas sem pulverização com fungicida. Nas plantas tratadas com trifloxistrobina + tebuconazol, fluxaproxade + piraclostrobina e tiofanato-metílico + fluazinam as incidências de frutos com deformações não ultrapassaram 60% e foram significativamente inferiores quando comparadas com a média obtida em plantas não pulverizadas (Figura 7D). A alta incidência de frutos deformados nos diferentes tratamentos, os quais apresentaram produtividades similares, demonstra que a doença parece não estar associada com perda de produção, mas sim com a perda de valor comercial dos frutos. Na primeira safra, a proporção de frutos comercializáveis foi similar nos diferentes tratamentos (Figura 7E), mas na safra seguinte, as plantas protegidas com as misturas de trifloxistrobina + tebuconazol e fluxaproxade + piraclostrobina apresentaram as maiores incidências de frutos comercializáveis (sem ou com poucas deformações), com médias em torno de 80% (Figura 7F).

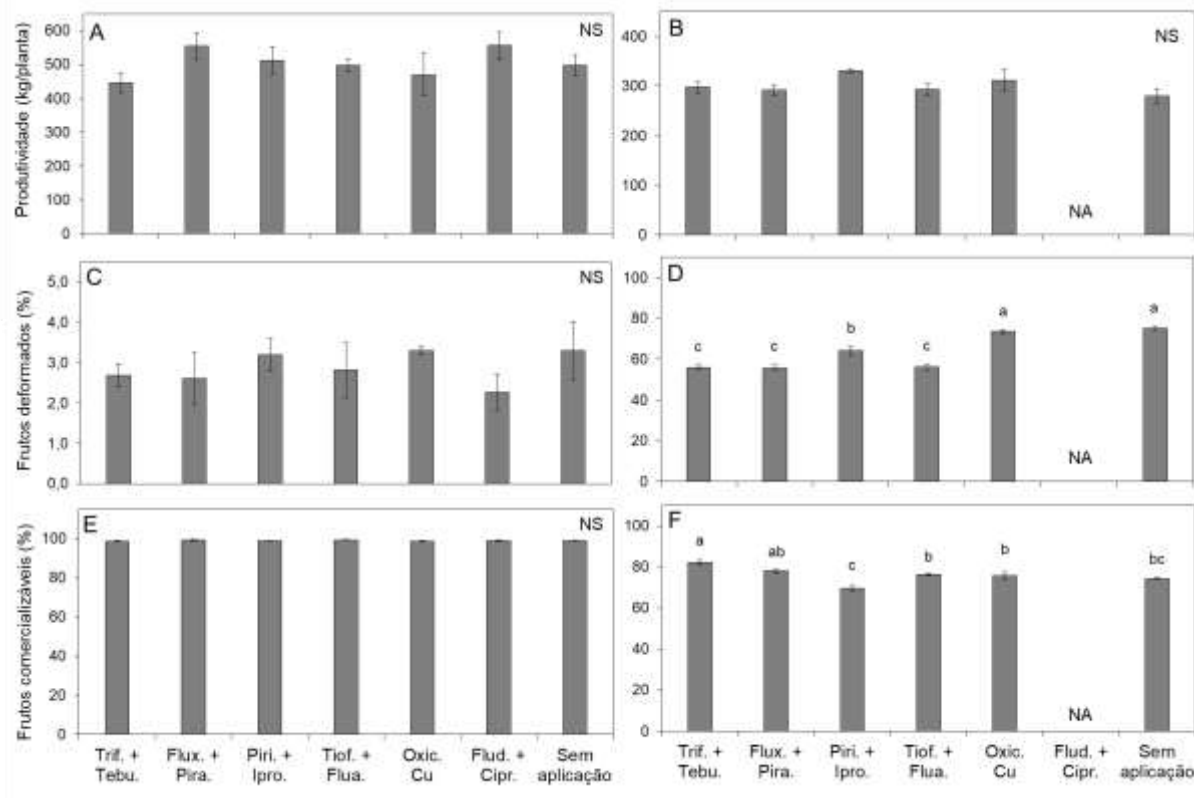


Figura 7. Produtividade total de frutos, em kg/planta (A e B) e porcentagem de frutos deformados comercializáveis ou não (C e D) e de frutos comercializáveis no mercado de frutas frescas (E e F) em plantas de limão ‘Rigoni’, submetidas a diferentes tratamentos com fungicidas, no município de Capão Bonito/SP, nas safras de 2017/2018 (A, C, E) e 2018/2019 (B, D, F). Trif. + Tebu. = Trifloxistrobina + Tebuconazol (Nativo), Flux. + Pira. = Fluxapiróxade + Piraclostrobina (Orkestra), Piri. + Ipro. = Pirimetanil + Iprodiona (Certus), Tiof. + Flua. = Tiofanato metílico + Fluazinam (Approve), Oxíc. Cu = Oxícloreto de cobre (Recop), Flud. + Cipr. = Fludioxonil + Ciprodinil (Switch). NA, não avaliado na segunda safra. NS, não significativo ($p>0,05$). Colunas seguidas pela mesma letra na mesma figura não diferem entre si (Tukey, $p=0,05$).

O custo do controle (produtos e aplicação) do mofo cinzento variou de R\$ 1.102,97/ha, quando foi utilizada a mistura de trifloxistrobina + tebuconazol em quatro aplicações na segunda safra, até R\$ 4.422,71/ha, com as cinco aplicações da mistura fludioxonil + ciprodinil realizadas na primeira safra do estudo (Tabela 2). O retorno financeiro de cada tratamento variou de acordo com a produção dos diferentes tipos de frutos e com o custo dos fungicidas. Na primeira safra, como os tratamentos produziram a mesma quantidade de frutos sadios e deformados, não houve diferenças significativas de retorno financeiro entre os tratamentos. Em contrapartida, na segunda safra, o maior retorno foi obtido em plantas pulverizadas com trifloxistrobina + tebuconazol, que diferiu significativamente da renda obtida nas plantas não pulverizadas, embora não tenham sido observadas diferenças de retorno financeiro entre as plantas tratadas com os fungicidas (Tabela 2).

Tabela 2. Custo de controle do mofo cinzento (R\$/ha) e retorno financeiro (R\$/ha) dos diferentes tratamentos com aplicação de fungicidas para o controle do mofo cinzento, causado por *Botrytis cinerea*, em pomar de limão ‘Rigoni’, em Capão Bonito/SP, nas safras de 2017/2018 e 2018/2019.

| Tratamento | Custo de controle (R\$/ha) | Retorno do controle (R\$/ha) |
|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| <i>Safra 2017/2018</i> | | |
| Trifloxistrobina + tebuconazol | 1.378,71 | 75.555,81 ^{NS} |
| Fluxaproxade + piraclostrobina | 2.294,71 | 93.463,65 |
| Pirimetanil + iprodiona | 2.453,96 | 85.482,72 |
| Tiofanato metílico + fluazinam | 2.081,33 | 83.653,08 |
| Oxicloreto de cobre | 1.475,21 | 79.221,67 |
| Fludioxonil + ciprodinil | 4.422,71 | 91.737,61 |
| Sem aplicação | 0,00 | 85.520,45 |
| <i>Safra 2018/2019</i> | | |
| Trifloxistrobina + tebuconazol | 1.102,97 | 34.630,94 a |
| Fluxaproxade + piraclostrobina | 1.835,77 | 32.887,52 ab |
| Pirimetanil + iprodiona | 2.356,92 | 33.645,78 ab |
| Tiofanato metílico + fluazinam | 1.984,29 | 32.624,42 ab |
| Oxicloreto de cobre | 1.378,17 | 30.550,58 ab |
| Fludioxonil + ciprodinil | NA | NA |
| Sem aplicação | 0,00 | 28.129,61 b |

^aCusto estimado baseado nos preços dos produtos trifloxistrobina + tebuconazol (R\$89,35/L de Nativo), fluxaproxade + piraclostrobina (R\$361,90/L de Orkestra), pirimetanil + iprodiona (R\$105,00/kg de Certus), tiofanato-metílico + fluazinam (R\$127,69/kg de Approve), oxicloreto de cobre (R\$22,00/kg de Recop), fludioxonil + ciprodinil (R\$630,00/kg de Switch), hora-máquina (R\$114,92/ha/aplicação), hora-homem (R\$8,14/ha/aplicação). ^bRetorno refere-se à produção de caixas de 40,8 kg por hectare dos três tipos de frutos multiplicada por R\$25,00 (frutos não comercializáveis destinados para a indústria de suco), R\$ 40,00 (frutos comercializáveis destinados ao mercado *in natura* interno), R\$ 80,00 (frutos sadios destinados ao mercado *in natura* externo) e subtraído o custo de controle de cada tratamento. NS, não significativo ($p>0,05$). Médias seguidas pela mesma letra em uma determinada safra não diferem entre si (Tukey, $p=0,05$). NA= Não avaliado.

No presente trabalho, os melhores resultados, tanto para a redução dos sintomas em flores e deformação em frutos quanto para retorno financeiro, foram obtidos com a aplicação da mistura trifloxistrobina + tebuconazol. O produto comercial Nativo, que é formulado com trifloxistrobina e tebuconazol, apresenta registro para a podridão floral dos citros e está incluído na Lista PIC (Agrofit, 2018; Silva Junior, 2019). A partir da década de 2010, essa mistura de estrobilurina com triazol passou a ser um dos produtos mais eficientes e utilizados durante o florescimento para o controle dessa doença, com eficiência de redução dos sintomas em até

90% (Rinaldo, 2010; Silva Junior et al., 2014). Os resultados obtidos demonstram que, essa mistura de estrobilurina com triazol pode ser utilizada para o controle do mofo cinzento e da podridão floral, uma vez que as epidemias das duas doenças ocorrem basicamente no mesmo período e mesmos órgãos da planta e são dependentes, principalmente, da ocorrência de chuvas durante o florescimento que contribuem para aumentar o período de molhamento das flores.

O produto comercial Orkestra SC, formulado com fluxapiraxade e piraclostrobina, apresentou eficiência no controle de mofo cinzento nas flores e dos sintomas de deformação nos frutos. Essa mistura foi registrada em 2015 na cultura dos citros para o controle tanto da podridão floral quanto da pinta preta (Agrofit, 2018) e está incluída na Lista PIC (Silva Junior, 2019). Essa mistura de pirazol-carboxamida (SDHI) com estrobilurina (QoI) apresentou resultados similares ao da estrobilurina (piraclostrobina) aplicada pura no controle da pinta preta, que é um dos principais fungicidas usados no controle dessa doença (Silva, 2013). Porém, devido ao registro recente na cultura dos citros, pouco se conhece a respeito do efeito dessa mistura no controle da podridão floral.

Os demais produtos avaliados neste estudo com controle intermediário do mofo cinzento, tiofanato-metílico + fluazinam e pirimetanil + iprodiona, não apresentam registro no MAPA para uso em citros e/ou não estão incluídos na Lista PIC. Em testes de laboratório com isolados de *B. cinerea* de vinhedos europeus, os fungicidas fluazinam, ciprodinil e fludioxonil (sem registro para citros) obtiveram eficiência superior aos fungicidas azoxistrobina, tiram e folpet sobre a inibição do crescimento micelial, e foram superiores ao fungicida tebuconazol sobre a germinação de conídios (Leroux, 2004). Em outro estudo de sensibilidade de isolados de *B. cinerea* provenientes de viveiro de mudas de eucalipto a fungicidas, foi verificado a presença de isolados resistentes aos fungicidas QoI (grupo das estrobilurinas), porém esses isolados se mostraram altamente sensíveis aos DMI (grupo dos triazóis) e as dicarboximidas (grupo da iprodiona) (Kimura et al., 2001). O oxiclreto de cobre, apesar de ter apresentado relação custo-benefício positiva, foi o menos eficiente entre os fungicidas testados, isso pode ser explicado por se tratar de um fungicida protetor, e o órgão da planta protegido com o produto poder se desenvolve muito rápido deixando os tecidos recém-produzidos sem proteção até que a pulverização seguinte com esse fungicida seja feita. O cobre é utilizado para o controle de pinta preta, da verrugose e da melanose, geralmente em duas aplicações, sendo a primeira no estágio de 70% de queda de pétalas e a segunda 21-28 dias após (Silva Junior et al., 2016; Lanza et al., 2018).

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que as plantas de limão, mesmo protegidas com as misturas fungicidas mais eficientes, apresentaram incidências de frutos

deformados superiores a 50% em safra com chuvas frequentes e intensas durante o florescimento. Essa alta intensidade de danos aos frutos evidencia que novos estudos devem ser realizados com outros produtos, doses, intervalos e/ou momentos de aplicação, com o objetivo de estabelecer programas de manejo mais eficientes para o mofo cinzento dos citros. Como este é um dos primeiros trabalhos com controle químico de mofo cinzento em limão no Brasil, as pulverizações foram realizadas em sistema calendário durante todo o florescimento, porém algumas destas podem ter sido desnecessárias ou realizadas em períodos inapropriados (antes do estágio R3). As misturas mais eficientes nesse estudo poderiam ser aplicadas em diferentes fases de florescimento e frutificação a fim verificar se a eficiência das mesmas seria aumentada. Adicionalmente, devido à escassez de informações desse patossistema, o maior entendimento das relações patógeno-hospedeiro-ambiente também se mostra importante para definir o melhor momento das aplicações. Por fim, esse estudo é um dos pioneiros no controle químico de *B. cinerea* em plantas de citros no Brasil. Os resultados obtidos aqui serão importantes para ajudar o citricultor a definir o fungicida mais eficiente e com melhor relação custo-benefício a ser utilizado para o controle do mofo cinzento nos pomares.

4. CONCLUSÃO

As misturas de fungicidas trifloxistrobina + tebuconazol e fluxapiroxade + piraclostrobina foram as mais eficientes na redução do mofo cinzento nas flores e das deformações na casca de limão.

O controle do mofo cinzento com o fungicida trifloxistrobina + tebuconazol resultou em retorno financeiro superior aqueles obtidos com plantas não protegidas sob condições favoráveis para a doença.

REFERÊNCIAS

- Agrofit. 2018. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 29 de junho de 2018.
- Bassanezi, R.B., Silva Junior, G.J., Feichtenberger, E., Belasque Junior, J., Behlau, F., Wulff, N.A. 2016. Doenças dos Citros. In: Amorim, L., Rezende, J.A.M., Bergamin Filho, A., Camargo, L.E.A. (Ed.). **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres. p. 271-306. v. 2.
- Caires, N.P. 2015. Processo infeccioso de *Botrytis cinerea* em folhas de eucalipto. **Dissertação de Mestrado**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 27 p.
- Calavan, E.C., Wampler, E.L., Sufficool, J.R., Ormsby, H.W. 1952. Control of blossom blight of lemons. **California Citrograph** 37:180-190.
- Catapani, L.F.B. 2015. Relação da mancha preta dos citros com danos e influência de variáveis do controle químico na intensidade da doença. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura. 35 p.
- Clark, C.A., Lorbeer, J.W. 1976. Comparative histopathology of *Botrytis squamosa* and *B. cinerea* on onion leaves. **Phytopathology** 66:1279-1289.
- Coggins, C. 1984. A basic view of the complexities of lemon production. **Citrograf** 69:93-97.
- Coley-Smith, J.R. 1980. Sclerotia and other structures in survival. In: Coley-Smith, J.R., Verhoeff, K., Jarvis, W.R. (Ed.). **The biology of Botrytis**. London, UK: Academic Press. p. 85-114.
- Cordova, L.G., Amiri, A., Peres, N.A. 2017. Effectiveness of fungicide treatments following the Strawberry Advisory System for control of *Botrytis* fruit rot in Florida. **Crop Prot** 100:163-167.
- Davidson, J.A., Pande, S., Bretag, T.W., Lindbeck, K.D., Krishna-Kishore, G. 2004. Biology and management of *Botrytis* spp. in legume crops. In: Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., Delen, N. (Ed.). **Botrytis: biology, pathology and control**. The Netherlands: Kluwer Academic. p. 295-318.
- Donadio, L.C., Figueiredo, J.O., Pio, R.M. 1995. **Variedades cítricas brasileiras**. Jaboticabal: Funep. 228 p.
- Elad, Y. 1988. Scanning electron microscopy of parasitism of *Botrytis cinerea* on flowers and fruits of cucumber. **Transactions of the British Mycological Society** 91:185-190.
- Elmer, P.A.G., Michailides, T.J. 2004. Epidemiology of *Botrytis cinerea* in orchard and vine crops. In: Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., Delen, N. (Ed.). **Botrytis: biology, pathology and control**. The Netherlands: Kluwer Academic. p. 243-272.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2016. **Produção brasileira de limão em 2014**.

Disponível em
<http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/limao/b1_limao.pdf>
Acesso em: 29 jun. 2018.

Fitt, B.D.L., Creighton, N.F., Bainbridge, A. 1985. Role of wind and rain in dispersal of *Botrytis fabae* conidia. **Transactions of the British Mycological Society** 85:307-312.

FNP Consultoria & Comercio. 2018. Citros. In: _____. **Agriannual 2018**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Informa Economics FNP. p. 225-235.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. **Citrus Fruit Statistics 2015**. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5558e.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

Frac. 2018. **Comite de Ação a Resistência a Fungicidas**. Disponível em: <<https://www.frac-br.org/>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

Fullerton, R.A., Harris, F.M., Hurrell, J.C. 1995. Control of cosmetic diseases of citrus. In: Willis, V. and Wylde, M. (Ed.). Citrus Research and Development Seminar. **Hort Research Internal Report**. Omapere, New Zealand. p. 15-24.

Fullerton, R.A., Harris, F. M. 1997. Control of cosmetic diseases of citrus. Report to New Zealand Citrus Growers Incorporated. **HortResearch Client Report**. p 10.

Fullerton, R.A., Harris, F.M., Hallet, I.C. 1999. Rind distortion of lemon caused by *Botrytis cinerea* Pers. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science** 27:205-214.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2019. **Lista de PIC, grade de ingredientes ativos de inseticidas, acaricidas, fungicidas e herbicidas autorizados para uso dentro do programa de Produção Integrada dos Citros**. Disponível em:<<https://www.fundecitrus.com.br/listapic>>. Acesso em: 21 mar. 2019.

Gullino, M.L. 1992. Chemical control of *Botrytis* spp. In: Verhoeff, K., Malathrakis, N.E., Williamson, B. (Ed.). **Recent Advances in Botrytis Research**. Wageningen, The Netherlands: Pudoc Scientific Publishers. p. 217-222.

Holz, G., Coertze, S., Williamson, B. 2004. The ecology of *Botrytis* on plant surfaces. In: Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., Delen, N. (Ed.). **Botrytis: biology, pathology and control**. The Netherlands: Kluwer Academic. p. 9-27.

Ishii, H., Fountaine, J., Chung, W., Kansako, M., Nishimura, K., Takarashi, K., Oshima, M. 2009. Characterization of Qol-resistant field isolates of *Botrytis cinerea* from citrus and strawberry. **Pest Manage Sci**. 65: 916–922.

Instituto de Economia Agrícola. **O mercado de lima ácida ‘Tahiti’. 2013**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=9661>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

Jarvis, W.R. 1977. **Botryotinia and Botrytis species: taxonomy, physiology, and pathogenicity**. Ottawa, Canada: Research Branch, Canada Department of Agriculture. 195 p.

- Jarvis, W.R. 1980. Epidemiology. In: Coley-Smith, J.R., Verhoeff, K., Jarvis, W.R (Ed.). **The Biology of Botrytis**. London, UK: Academic Press. p. 219-250.
- Kansako, M., Yoneda, Y., Shimadu, K., Ishii, H. 2005. Occurrence of strobilurin-resistant *Botrytis cinerea*, pathogen of citrus gray mold. **Jpn J Phytopathol** 71:249.
- Kim, J.O., Shim, J.H., Gumilanga, A., Chung, K., Choi, K.Y., Kim, K.S. 2016. Effectiveness of different classes of fungicides on *Botrytis cinerea* causing gray mold on fruit and vegetables. **Department of Controlled Agriculture, Kangwon National University** 32:570-574.
- Kimura, M.K., Souza, P.E., Castro, H.A. 2001. Sensibilidade *in vitro* de *Botrytis cinerea* a fungicidas. **Ciência Agrotécnica** 25:1150-1160.
- Lanza, F.E., Metzker, T.G., Vinhas, T., Behlau, F., Silva Junior, G.J. 2018. Critical fungicide spray period for citrus black spot control in São Paulo state, Brazil. **Plant Disease** 102:334-340.
- Leroux, P. 2004. Chemical control of *Botrytis* and its resistance to chemical fungicides. In: Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., Delen, N. (Ed.). **Botrytis: biology, pathology and control**. The Netherlands: Kluwer Academic. p. 195-292.
- Madden, L.V., Hughes, G., van den Bosch, F. 2007. **The study of plant disease epidemics**. St. Paul: APS Press. 421 p.
- Mafia, R.G., Alfenas, A.C., Ferreira, E.M., Souza, F.L. 2006. Variáveis climáticas associadas à incidência de mofo cinzento em eucalipto. **Fitopatologia Brasileira** 31:152-157.
- Nair, N.G., Allen, R.N. 1993. Infection of grape flowers and berries by *Botrytis cinerea* as a function of time and temperature. **Mycological Research** 97:1012-1014.
- Nobre, S.A.M., Maffia, L.A., Mizubuti, E.S.G., Cota, L.V., Dias, A.P.S. 2005. Selection of *Clonostachys rosea* isolates from Brazilian ecosystems effective in controlling *Botrytis cinerea*. **Biological Control** 34:132-143.
- Peres, N.A.R., Souza, N.L., Timmer, L.W. 2002. Postbloom fruit drop in Brazil and Florida: occurrence and control by fungicides. **Proceedings of International Society of Citriculture**. 9:1051-1052.
- Pio, R.M., Figueiredo, J.O., Stuchi, E.S., Cardoso, S.A.B. 2005. Variedades de copas de citros. In: Mattos Junior, D., Pio, R.M., De Negri, J.D., Pompeu Junior, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e FUNDAG. p. 39-60.
- Rinaldo, D. 2010. Controle químico de *Colletotrichum acutatum* agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Dissertação de Mestrado**. Jaboticabal SP: Universidade Estadual Paulista. 35 p.
- Shtienberg, D. 2004. Rational management of *Botrytis*-incited diseases: integration of control measures and use of warning systems. In: Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., Delen, N. (Ed.). **Botrytis: biology, pathology and control**. The Netherlands: Kluwer Academic. p 335-347.

Silva, F.P. 2013. Adequação de doses de fungicidas, volume de calda e intervalo de aplicações no controle da mancha preta dos citros. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura. 34 p.

Silva Junior, G.J. 2019. **Podridão floral**: medidas essenciais de controle. Araraquara: Fundecitrus. Manual técnico. 21 p.

Silva Junior, G.J., Spósito, M.B., Marin, D.R., Amorim, L. 2014. Efficacy and timing of application of fungicides for control of citrus postbloom fruit drop. **Crop Protection** 59:51-56.

Silva Junior, G.J., Scapin, M.S., Silva, F.P., Silva, A.R.P., Behlau, F., Ramos, H.H. 2016. Spray volume and fungicide rates for citrus black spot control based on tree canopy volume. **Crop Protection** 85:38-45.

Stadnik, M.J., Talamini, V. 2004. Legislação e uso de produtos fitossanitários naturais em países do cone sul. In: Stadnik, M.J., Talamini, V. (Ed.). **Manejo Ecológico de Doenças de Plantas**. Florianópolis, SC: CCA/UFSC. p. 63-82.

Sutton, J.C. 1995. Evaluation of microorganisms for biocontrol: *Botrytis cinerea* and strawberry, a case study. In: Andrews, J.H., Tommerup, I. (Ed.) **Advances in Plant Pathology**. London: Academic Press. p. 173–190.

Syngenta. 2018a. **Bula do fungicida Switch 62.5 WG nos Estados Unidos**. Disponível em: <<http://www.syngenta-us.com/labels/switch-62.5wg>>. Acesso em: 21 mar. 2019.

Syngenta. 2018b. **Bula do fungicida Switch 62.5 WG na Europa**. Disponível em: <<https://www.syngenta.pt/product/crop-protection/fungicida/switch>>. Acesso em: 21 de mar. 2019.

Timmer, L.W., Brown, G.E. 2000. Biology and control of anthracnose diseases of citrus. In: Prusky, D., Freeman, S., Dickman, M.B. (Ed.). **Host specificity, pathology, and host-pathogen interactions of colletotrichum**. St. Paul: APS Press Inc. p. 300-316.

Tofoli, J.G., Ferrari, J.T., Domingues, R.J., Nogueira, E.M.C. 2011. *Botrytis* sp. em espécies hortícolas: hospedeiros, sintomas e manejo. **Biológico** 73:11- 20.

Urbash, I. 1986. In vivo-untersuchungen zur Entstehung und Funktion der Chlamydosporen von *Botrytis cinerea* Pers. am Wirt-Parasit-System fuchsia hybrida *B. cinerea*. **Phytopathologische Zeitschrift** 117:276-282.

Webber, H.J. 1943. Cultivated varieties of Citrus. In: Webber, H.J., Batchelor, L.D. (Ed.). **The citrus industry**. Berkeley and Los Angeles: University of California Press 1. p. 41-70.

Wikipédia. 2018. **Mapa de localização do município de Capão Bonito no estado de São Paulo**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Cap%C3%A3o_Bonito#/media/File:SaoPaulo_Municip_Capao_Bonito.svg>. Acesso em: 29 jun. 2018.

Williamson, B., Duncan, G.H., Harrison, J.G., Harding, L.A., Elad, Y., Zimand, G. 1995. Effect of humidity on infection of rose petals by dry-inoculated conidia of *Botrytis cinerea*. **Mycological Research** 99:1303-1310.

Williamson, B., Tudzynski, B., Tudzynski, P., van Kan, J.A.L. 2007. *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. **Molecular Plant Pathology** 8:561-580.