Relação custo-benefício dos tratamentos para controle da mancha de marssonina em maçã conduzida sob cultivo orgânico

Cost-effective ratio of treatments of control of Marssonina leaf blotch in apple grown under organic cultivation.

Gabriel Henrique Nichelle
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER – IDR-Paraná/Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Pato Branco, Paraná (PR), Brasil.
Norma Kiyota
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER – IDR-Paraná, Pato Branco, Paraná (PR), Brasil.
Idalmir dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Pato Branco, Paraná (PR), Brasil.

GT04. Meio ambiente, agroecologia, sustentabilidade e mudanças climáticas

Resumo: A mancha foliar de marssonina, causada pelo fungo *Marssonina coronaria*, destaca-se como uma das principais doenças da cultura da macieira, especialmente em regiões de clima subtropical, onde condições de temperatura e umidade favorecem o desenvolvimento do patógeno. Em sistemas de produção orgânica, o manejo dessa doença torna-se mais desafiador devido às restrições quanto ao uso de fungicidas sintéticos e à limitação de produtos permitidos, o que reforça a necessidade de estratégias compatíveis com os princípios da agroecologia. Nesse contexto, sistemas agroecológicos buscam reduzir a dependência de insumos externos e valorizar processos ecológicos presentes no agroecossistema, como a biodiversidade funcional e a regulação natural de pragas e doenças, contribuindo para maior resiliência e sustentabilidade da produção. Além disso, a fruticultura orgânica pode representar uma alternativa importante de geração de renda e agregação de valor para agricultores familiares, especialmente em regiões onde a produção ocorre em menor escala. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes produtos autorizados para a agricultura orgânica no controle da mancha foliar de marssonina em macieira, bem como analisar a relação custo-benefício dos tratamentos aplicados em um sistema de produção conduzido sob manejo agroecológico. O experimento foi realizado no Polo de Pesquisa e Inovação do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná), localizado em Pato Branco (PR), utilizando a cultivar Eva Rubi. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com sete tratamentos e três repetições. Foram realizadas dez aplicações dos produtos ao longo do ciclo produtivo, com intervalos de 15 dias entre as pulverizações. As avaliações envolveram a severidade da doença, o percentual de desfolha, a eficiência de controle em relação à testemunha sem aplicação, calculada pela fórmula de Abbott, e a análise econômica dos tratamentos com base no custo dos produtos utilizados. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Os resultados indicaram que a maioria dos tratamentos apresentou eficiência satisfatória no controle da doença, destacando-se o tratamento composto pela associação de calda sulfocálcica e hidróxido de cobre, que apresentou maior eficiência de controle. Entretanto, considerando a relação entre eficiência agronômica e custo de aplicação, o tratamento com oxicloreto de cobre apresentou o melhor custo-benefício entre as alternativas avaliadas. De modo geral, os tratamentos contendo cobre em sua composição demonstraram bom desempenho no manejo da doença, enquanto a calda sulfocálcica aplicada isoladamente apresentou baixa eficiência. Assim, os resultados evidenciam a importância de considerar simultaneamente a eficiência agronômica e a viabilidade econômica na definição de estratégias de manejo fitossanitário em sistemas de produção orgânica, contribuindo para o desenvolvimento de práticas compatíveis com os princípios da agroecologia e para o fortalecimento de sistemas produtivos mais sustentáveis na fruticultura.
Palavras-chave: Maçã, cultivo orgânico, *Marssonina coronaria*, custo-benefício, agroecossistema.

Abstract: Marssonina leaf blotch, caused by the fungus *Marssonina coronaria*, stands out as one of the main diseases affecting apple crops, especially in subtropical regions where temperature and humidity conditions favor the development of the pathogen. In organic production systems, the management of this disease becomes more challenging due to restrictions on the use of synthetic fungicides and the limited number of permitted products, which reinforces the need for strategies compatible with the principles of agroecology. In this context, agroecological systems seek to reduce dependence on external inputs and to value ecological processes present

in the agroecosystem, such as functional biodiversity and the natural regulation of pests and diseases, contributing to greater resilience and sustainability of production. In addition, organic fruit production can represent an important alternative for income generation and value addition for family farmers, especially in regions where production occurs on a smaller scale. In this context, the present study aimed to evaluate the efficiency of different products authorized for organic agriculture in the control of Marssonina leaf blotch in apple trees, as well as to analyze the cost–benefit relationship of the treatments applied in a production system conducted under agroecological management. The experiment was carried out at the Research and Innovation Center of the Rural Development Institute of Paraná (IDR-Paraná), located in Pato Branco, Paraná, Brazil, using the cultivar Eva Rubi. The experimental design was a randomized block design with seven treatments and three replications. Ten product applications were performed throughout the production cycle, with 15-day intervals between sprays. The evaluations included disease severity, percentage of defoliation, control efficiency in relation to the untreated control calculated using Abbott's formula, and an economic analysis of the treatments based on the cost of the products used. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA), and the means were compared using the Scott-Knott test at a 5% significance level. The results indicated that most treatments showed satisfactory efficiency in controlling the disease, with the treatment composed of the association of lime sulfur and copper hydroxide standing out, presenting the highest control efficiency. However, considering the relationship between agronomic efficiency and application cost, the treatment with copper oxychloride showed the best cost–benefit ratio among the evaluated alternatives. In general, treatments containing copper in their composition showed good performance in disease management, while lime sulfur applied alone presented low efficiency. Thus, the results highlight the importance of simultaneously considering agronomic efficiency and economic feasibility when defining phytosanitary management strategies in organic production systems, contributing to the development of practices compatible with the principles of agroecology and to the strengthening of more sustainable production systems in fruit growing.

Keywords: Apple, organic, *Marssonina coronaria*, cost-effective, agroecosystem.

1. Introdução

A produção global de frutas apresentou expressivo crescimento entre 2010 e 2023, acumulando um aumento de cerca de 30% e alcançando, em 2023, um volume estimado de 952 milhões de toneladas. Este avanço reflete a expansão contínua da fruticultura em diferentes regiões do mundo, impulsionada pela diversificação alimentar, ampliação das áreas cultivadas, modernização tecnológica e aumento da demanda por produtos frescos e nutritivos. No mesmo período, a produção de maçãs *(Malus domestica* Borkh.) atingiu aproximadamente 97 milhões de toneladas, evidenciando um crescimento de cerca de 37% na oferta global, o que reforça sua importância crescente no cenário agrícola mundial (FAO, 2024).

No panorama internacional, a China consolidou-se, no ano de 2023, como a principal produtora de maçãs, somando cerca de 49 milhões toneladas, resultado associado tanto à extensa área cultivada, quanto ao investimento contínuo em tecnologias. Em seguida, os Estados Unidos da América e a Turquia ocuparam as segunda e terceira colocações, com produções de 5,1 milhões e 4,6 milhões de toneladas, respectivamente (European Commission, 2024). A expressividade dessa cadeia produtiva pode também ser observada no impacto econômico, uma vez que em 2023, a cultura da maçã movimentou cerca de US$ 73 bilhões globalmente, valor sustentado por sua ampla aceitação gastronômica, forte presença cultural e

reconhecidos benefícios à saúde humana, como aporte de fibras, vitaminas e antioxidantes (FAO, 2023; Tegtmeier et al., 2024).

No contexto brasileiro, a produção de maçãs alcançou aproximadamente 1,18 milhão de toneladas em 2023, demonstrando sua relevância para a fruticultura nacional e a geração de renda no meio rural. A atividade é fortemente concentrada na Região Sul, cuja combinação de invernos mais rigorosos, altitudes superiores a 800 metros e condições climáticas específicas favorece o desenvolvimento das principais cultivares. Entre 2010 e 2016, de 89% a 95% das áreas destinadas à cultura da maçã estavam situadas nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que registraram, respectivamente, 18.276 e 16.971 hectares cultivados (Our World in Data, 2025; Fioravanço e Santos, 2013; Landau e Silva, 2020). Embora em menor escala, outras regiões do país também apresentam participação na atividade: Minas Gerais, São Paulo e Bahia registraram médias anuais de 182, 145 e 46 hectares destinados à colheita no mesmo período (Landau e Silva, 2020).

A macieira destaca-se entre as frutas mais cultivadas e consumidas mundialmente, possuindo mais de 2,5 mil variedades reconhecidas. Estas variedades apresentam ampla diversidade genética, diferenças de adaptação climática e distintas características físico-químicas, fatores que influenciam tanto a preferência dos consumidores quanto a escolha dos produtores. No Brasil, as cultivares ‘Gala’ e ‘Fuji’ são as mais demandadas pelos consumidores, que juntas representam cerca de 90% da produção nacional, devido à sua boa aceitação comercial, sabor, coloração e adaptabilidade às condições do Sul do país (SEBRAE, 2020).

Nos últimos anos, a produção orgânica tem apresentado crescimento significativo, impulsionada principalmente pelo aumento da procura por alimentos mais saudáveis e produzidos de forma sustentável. Nesse contexto, esse tipo de produção assume papel importante para a agricultura familiar, já que muitas propriedades possuem menor escala produtiva e maior diversidade de cultivos, características que se alinham bem aos princípios do manejo orgânico. Além disso, os produtos orgânicos, especialmente as frutas, costumam apresentar maior valor agregado no mercado, o que pode representar uma oportunidade de melhoria na renda dos agricultores. Dessa forma, a produção orgânica se mostra não apenas como uma alternativa de manejo mais sustentável, mas também como uma estratégia de fortalecimento econômico para pequenos produtores rurais.

Nos sistemas de produção baseados em princípios agroecológicos, o agroecossistema passa a ser manejado de forma a valorizar a biodiversidade funcional presente no ambiente. A

diversidade de plantas, organismos do solo, inimigos naturais e outros componentes biológicos contribui para o equilíbrio do sistema, favorecendo processos naturais de regulação e tornando o ambiente produtivo mais estável. Essa diversidade também aumenta a resiliência do agroecossistema frente a estresses climáticos, pragas e doenças. Como consequência, há uma menor dependência de insumos externos, uma vez que muitos processos ecológicos passam a desempenhar funções que, em sistemas convencionais, seriam supridas por produtos sintéticos.

Conforme demonstrado anteriormente, a maçã está entre as frutas mais consumidas pela população, sendo amplamente presente na alimentação diária de diferentes faixas etárias, como crianças, adultos, idosos e pessoas em processo de recuperação de enfermidades. Devido ao seu valor nutricional, sabor e versatilidade no consumo, é frequentemente ingerida in natura, o que faz com que a qualidade sanitária do fruto seja um aspecto de grande importância. Assim, os produtos utilizados no manejo fitossanitário da cultura, mesmo aqueles devidamente registrados e permitidos para uso agrícola, podem entrar em contato direto com a superfície do fruto durante o ciclo produtivo. Por esse motivo, cresce a preocupação em relação aos possíveis resíduos presentes nos alimentos, reforçando a importância de sistemas de produção que priorizem práticas mais sustentáveis e que contribuam para a oferta de frutas mais seguras e de melhor qualidade para o consumidor.

No estado do Paraná, foi instituída a Lei nº 16.751/2010, que estabelece diretrizes para a ampliação do uso de alimentos orgânicos na alimentação escolar da rede pública estadual. Posteriormente, o Decreto nº 4.211/2020 regulamentou essa legislação e definiu como meta que, até o ano de 2030, a merenda oferecida nas escolas estaduais seja composta integralmente por produtos orgânicos. A proposta busca incentivar uma alimentação mais saudável, livre de resíduos de agrotóxicos, ao mesmo tempo em que fortalece a agricultura familiar. Para alcançar esse objetivo, o processo de implementação ocorre de forma gradual, incluindo alimentos como arroz, feijão, frutas, hortaliças, farinhas, pães e ovos, além de contar com avaliações periódicas para acompanhar o avanço da política pública. Parte desses alimentos é adquirida diretamente de pequenos produtores rurais, o que contribui para a geração de renda no meio rural e para o desenvolvimento das economias locais. Nesse contexto, iniciativas como o programa “Paraná Mais Orgânico” auxiliam os agricultores no processo de certificação das propriedades, possibilitando que atendam à demanda das escolas. Além de melhorar a qualidade nutricional da merenda escolar, essa política também representa um importante incentivo à produção orgânica e à transição agroecológica no estado.

Sabendo disso, torna-se fundamental buscar alternativas de manejo que sejam compatíveis com os princípios da produção orgânica, especialmente no cultivo de frutíferas como a macieira. A identificação de tratamentos eficientes, que contribuam para o controle de doenças e ao mesmo tempo estejam de acordo com as normas da produção orgânica, é essencial para garantir a sanidade das plantas, a produtividade do pomar e a qualidade dos frutos. Além disso, o desenvolvimento e a avaliação dessas alternativas auxiliam na construção de sistemas de produção mais sustentáveis, reduzindo a dependência de insumos externos e fortalecendo práticas de manejo mais equilibradas dentro do agroecossistema.

Entretanto, não basta considerar apenas a eficiência agronômica dos tratamentos. Também é fundamental avaliar sua viabilidade econômica, uma vez que o produtor precisa adotar estratégias de manejo que, além de eficientes no controle das doenças, sejam economicamente sustentáveis dentro do sistema de produção.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo de analisar o controle de mancha foliar de marssonina e o custo-benefício dos tratamentos aplicados para o controle em sistema de produção orgânica de macieiras. Ademais, os resultados obtidos podem contribuir para orientar estratégias de manejo em pomares conduzidos por agricultores familiares que adotam sistemas de produção orgânica ou em transição agroecológica.

2. Revisão da Literatura

A cultura da macieira apresenta forte dependência das condições climáticas, especialmente da acumulação de frio durante o período de dormência, fator determinante para a brotação, floração e frutificação adequadas. Em regiões de clima subtropical ou com invernos amenos, a limitação de horas de frio inviabiliza o cultivo de cultivares tradicionais, tornando necessária a utilização de materiais genéticos com baixa exigência térmica. Neste contexto, as cultivares de maçã de baixa necessidade de frio assumem grande importância, pois possibilitam a expansão da cultura para áreas não convencionais, promovendo a diversificação da produção frutícola e a adaptação da macieira a diferentes cenários climáticos (Andersen, Shahid, Folta, 2022).

Contudo, apesar da elevada relevância econômica e social da atividade, diversos fatores, tanto bióticos como abióticos, continuam a limitar a produtividade dos pomares, influenciando diretamente o desempenho das plantas e a qualidade dos frutos. Entre estes fatores, as doenças foliares figuram como uma das principais ameaças fitossanitárias, uma vez que afetam não apenas o rendimento imediato, mas também o equilíbrio fisiológico das macieiras ao longo de

todo o ciclo produtivo. Dentre estas enfermidades, a mancha-foliar-de-marssonina, causada por *Marssonina coronaria*, tem ganhado importância crescente na última década devido ao aumento da sua incidência e severidade em diferentes regiões produtoras. A doença caracteriza-se pela formação de manchas necróticas nas folhas, pelo surgimento de lesões nos frutos e pela queda prematura da folhagem, fenômenos que reduzem a capacidade fotossintética das plantas, diminuem o acúmulo de reservas e comprometem o vigor estrutural e produtivo das plantas infectadas pelo fungo. Em condições ambientais favoráveis, especialmente sob elevada umidade relativa e temperaturas moderadas, o patógeno pode desenvolver ciclos de infecção sucessivos e provocar desfolhas severas, resultando em perdas expressivas para a cultura e elevando os custos de manejo quando estratégias adequadas não são adotadas (Lee et al., 2011).

A *Marssonina coronaria* é descrita há décadas como um importante patógeno de pomares em regiões de clima temperado e subtropical. Os estudos desenvolvidos ao longo do século XX permitiram identificar que o fungo esporula em lesões foliares, dispersa-se principalmente por respingos de chuva e tem seu ciclo epidêmico diretamente influenciado pelo regime pluviométrico e pela densidade de folhagem das plantas (Li, 2019; Kretzschmar, Duarte, 2014). A desfolha precoce, especialmente quando ocorre antes da colheita, afeta o desenvolvimento dos frutos, prejudicando o tamanho, a coloração e a produtividade, além de comprometer a produção das safras subsequentes devido à redução do acúmulo de reservas.

No manejo convencional, o controle da doença envolve tradicionalmente a aplicação de fungicidas sintéticos. A molécula de um fungicida sistético, o tebuconazol, é amplamente utilizado na Região Sul, sendo aplicado de uma a duas vezes antes do ensacamento dos frutos e mais duas a três vezes após essa etapa, em intervalos ajustados conforme o risco epidemiológico. Entretanto, o surgimento de isolados resistentes a esse produto químico tem se intensificado, o que, somado às dificuldades operacionais relacionadas ao uso da calda bordalesa, uma das principais alternativas de manejo, reforça a necessidade de novas abordagens de controle (Dang et al., 2017).

Nesse cenário, a agricultura orgânica apresenta-se como um sistema de produção que busca integrar componentes ecológicos, econômicos e sociais, fortalecendo processos biológicos e a agrobiodiversidade. Trata-se de um modelo que exclui o uso de insumos de alta solubilidade e origem sintética, como defensivos agrícolas químicos sintéticos e fertilizantes químicos, priorizando práticas que preservam os recursos naturais e promovem sustentabilidade (Neves et al., 2000). Pesquisas demonstram que a ecotoxicidade associada aos defensivos

utilizados em pomares convencionais é significativamente maior do que aquela observada em sistemas orgânicos. Um estudo realizado na Áustria revelou que as doses letais de substâncias químicas para organismos como abelhas, pássaros e minhocas são substancialmente mais elevadas em sistemas convencionais (Goritschnig et al., 2024). Além disto, análises do solo mostram que o manejo convencional tende a resultar em menor atividade e biomassa microbiana, prejudicando a ciclagem de nutrientes e favorecendo o acúmulo de compostos potencialmente tóxicos (Kai, Adhikari, 2021).

Apesar dos benefícios ambientais, o manejo da *Marssonina coronaria* em sistemas orgânicos permanece particularmente desafiador, demandando estratégias compatíveis com os princípios de sustentabilidade. As infecções primárias, frequentemente originadas de ascósporos presentes em folhas caídas no solo durante o outono e inverno, constituem uma etapa crítica do ciclo epidemiológico, pois servem como fonte inicial de inóculo para o estabelecimento da doença no começo do verão. A germinação destes ascósporos e a subsequente colonização dos tecidos foliares são favorecidas por condições de elevada umidade e períodos prolongados de molhamento foliar, fatores que são comuns em regiões produtoras de clima temperado e subtropical.

Contudo, as ferramentas atualmente disponíveis para o controle da doença em produção orgânicas, em geral baseadas no uso de misturas de enxofre e baixas doses de cobre, têm apresentado eficácia limitada, sobretudo quando a pressão do patógeno é elevada ou quando as condições climáticas favorecem a rápida progressão da doença. Além da baixa eficiência em situações severas, o emprego repetido desses produtos enfrenta outras limitações. No caso do cobre, embora seu uso seja permitido, a aplicação contínua ao longo dos anos resulta em acúmulo no solo, podendo provocar desequilíbrios na microbiota, impactos negativos na fertilidade e risco de contaminação ambiental. Estes problemas comprometem a sustentabilidade dos sistemas orgânicos, cujas bases conceituais exigem a minimização de impactos ecológicos e a preservação da saúde do solo. (Trapman, 2016, Jez, Pellegrini, Contin, 2023).

Além disso, o fungo causador da mancha-foliar-de-marssonina é fortemente favorecido por ambientes quentes, úmidos e caracterizados por chuvas frequentes, condições que aceleram tanto a germinação dos esporos quanto a disseminação do patógeno entre as plantas. Esses ambientes promovem longos períodos de molhamento foliar, fator decisivo para o estabelecimento das infecções. Coincidentemente, tais condições climáticas predominam

justamente nas regiões onde são cultivadas as cultivares de maçã com baixa necessidade de frio, amplamente utilizadas em áreas subtropicais e de inverno ameno. Como resultado, estes pomares tornam-se naturalmente mais suscetíveis ao desenvolvimento da doença, demandando estratégias de manejo ainda mais eficientes para mitigar o risco de epidemias e preservar a capacidade produtiva das plantas.

O modelo convencional de produção agrícola baseia-se na simplificação dos agroecossistemas e na intensificação do uso de tecnologias externas. Nesse sistema, predominam cultivos formados por plantas geneticamente semelhantes, selecionadas principalmente com o objetivo de elevar a produtividade. Como consequência, a produção torna-se fortemente dependente de insumos externos como agrotóxicos e fertilizantes industriais. Essa forma de manejo tende a provocar desequilíbrios ecológicos importantes, uma vez que interfere nos mecanismos naturais de regulação de pragas e doenças presentes nos agroecossistemas. Também é capaz de reduzir a capacidade de recuperação das áreas cultivadas diante de estresses climáticos e fitossanitários, comprometendo características fundamentais de sistemas agrícolas mais diversificados, como estabilidade, flexibilidade, resiliência e autonomia produtiva (Lopes, Lopes, 2011).

A agroecologia é baseada na busca de aplicar princípios ecológicos ao manejo agrícola, priorizando o funcionamento natural dos ecossistemas e estimulando a biodiversidade funcional dentro dos agroecossistemas. Dessa forma, procura-se fortalecer mecanismos naturais de regulação biológica, reduzindo a dependência de insumos externos (Gliessman, 2020). Os agroecossistemas tradicionais costumam apresentar elevada diversidade genética, incluindo variedades locais adaptadas às condições regionais, além da presença de espécies silvestres e plantas espontâneas relacionadas às culturas agrícolas. Essa diversidade desempenha papel importante na estabilidade dos sistemas produtivos, pois amplia a capacidade das lavouras de responder a diferentes tipos de estresse, como ocorrência de pragas, doenças e períodos de seca. Além disso, a variabilidade genética disponível permite que os agricultores utilizem de forma mais eficiente as distintas condições ambientais presentes em cada região, como diferenças de solo, altitude, declividade e disponibilidade hídrica, contribuindo para maior resiliência e adaptação dos sistemas agrícolas (Altieri, Funes-Monzote, Petersen 2011).

Desta forma, é importante enfatizar que a área onde o experimento foi conduzido está inserida em um sistema de produção agroecológico. Nesse ambiente produtivo, observa-se a presença de elevada diversidade biológica, envolvendo diferentes espécies de plantas, cobertura

de solo, microrganismos do solo e fauna diversificada. Este ambiente diversificado contribui para o equilíbrio ecológico do sistema, favorecendo processos naturais como a ciclagem de nutrientes, a regulação biológica de pragas e doenças e a manutenção da saúde do agroecossistema.

Deste modo, o trabalho visa avaliar a eficácia de produtos certificados para a agricultura orgânica no controle de *Marssonina coronaria* na cultivar de macieira Eva Rubi, considerando sua influência na redução da severidade da doença, na manutenção da sanidade foliar e na viabilidade do manejo em sistemas orgânicos, a fim de identificar alternativas sustentáveis e compatíveis com as demandas produtivas e ambientais da fruticultura orgânica.

Além das avaliações relacionadas à severidade da doença, também será conduzida uma análise econômica dos tratamentos avaliados. Para isso, serão considerados os custos de aquisição dos produtos. A partir destes dados, será possível comparar as alternativas testadas sob o ponto de vista financeiro, buscando identificar aquela que ofereça maior eficiência associada ao menor custo, de modo a proporcionar a melhor relação entre investimento e retorno ao produtor.

3. Metodologia

O trabalho foi realizado no Polo de Pesquisa e Inovação do "Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER", localizado na cidade de Pato Branco, Paraná. O clima da região é classificado, segundo a classificação de Köppen (1936), como do tipo "Cfa", o qual correspondente ao clima subtropical úmido mesotérmico. Este clima caracteriza-se por verões quentes e invernos amenos, com chuvas bem distribuídas ao longo de todo o ano, sem ocorrência de estação seca definida. Ademais são comuns geadas e eventualmente, podem ocorrer raras nevadas. As temperaturas médias de verão geralmente ultrapassam 22°C, enquanto as médias de inverno ficam abaixo de 18°C.

Vale destacar que a área experimental onde o pomar de macieiras está implantado integra um sistema de manejo agroecológico. Neste ambiente, observa-se a presença de elevada biodiversidade, manutenção de cobertura vegetal no solo e ocorrência de inimigos naturais, fatores que contribuem para o equilíbrio ecológico do sistema produtivo. Este ambiente de cultivo propicia melhorias no sistema produtivo, conforme mencionado anteriormente.

A cultivar de macieira avaliada é a Eva Rubi, originada a partir da cultivar IPR Eva, a qual é uma variedade brasileira de destaque na fruticultura, desenvolvida especialmente para

regiões de clima subtropical e temperado do Brasil. Ademais, o pomar conta com cultivares de IPR Julieta para que ocorra a polinização das plantas.

O pomar foi implantado em março de 2019, por meio do plantio de mudas clonais provenientes de viveiro. Todas as plantas utilizadas apresentavam a mesma origem genética, o que contribui para maior uniformidade no desenvolvimento do pomar e nas avaliações realizadas ao longo do experimento. Assim, foram plantadas 174 macieiras, com uma densidade de plantio de 1220 plantas por hectare.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, onde o pomar experimental é composto por 3 blocos, cada um formado por 2 fileiras de plantas. Cada fileira contém 29 macieiras, totalizando 58 plantas por bloco, dispostas de maneira intercalada, sendo 3 plantas lineares da cultivar Eva Rubi seguidas de 2 plantas da cultivar IPR Julieta.

Os seguintes produtos utilizados para o controle de *Marssonina coronaria* compuseram os tratamentos: Calda Bordalesa (T2), Calda Viçosa (T3), Hidróxido de Cobre (T4), Oxicloreto de Cobre (T5), Calda Sulfocálcica (T6), Calda Sulfocálcica e após 7 dias hidróxido de cobre (T7) e a testemunha (T1), constituindo assim 7 tratamentos diferentes. Os produtos comerciais utilizados foram Supera (Hidróxido de Cobre), Sulfocal (Calda Sufocálcica), Status (Oxicloreto de Cobre), Viça Nutri (Calda Viçosa), Bordasul (Calda Bordalesa).

As pulverizações do experimento tiveram início em 18 de setembro de 2024, período que antecede as condições mais favoráveis ao desenvolvimento da doença, visando garantir proteção preventiva às plantas. Ao longo do ciclo de avaliações foram realizadas dez aplicações, mantendo-se intervalo regular de 15 dias entre elas. Em cada aplicação foram utilizadas as doses previamente estabelecidas para cada produto: 90 mL de Supera, 225 mL de Sulfocal, 33,75 mL de Status, 225 g de Viça Nutri, 225 g de Bordasul. As pulverizações foram conduzidas utilizando volume de calda de 1000 litros por hectare, buscando assegurar cobertura adequada da copa das plantas e maior eficiência na deposição dos produtos. Este manejo de aplicações foi adotado com o objetivo de manter a proteção das plantas ao longo do período de maior suscetibilidade à doença e permitir a comparação do desempenho dos diferentes tratamentos avaliados no experimento.

As variáveis avaliadas no presente estudo incluíram a severidade da mancha foliar de marssonina, o percentual de desfolha, a eficiência de controle dos tratamentos em comparação à testemunha sem aplicação e o custo-benefício de cada produto aplicado.

A severidade da doença (%), foi avaliada por meio da atribuição de notas percentuais a cada folha coletada, as quais representaram a proporção da área foliar afetada pelo

desenvolvimento do fungo. A avaliação foi efetuada através da porcentagem de contaminação do fungo em cada folha, utilizando uma escala de diagrama da doença desenvolvido por Castellar et al. (2021) como referência. O diagrama seguido demonstra severidades com valores variando de 0,2%; 1%; 2,5%; 5%; 10%; 20%; 40%; 60%; 80%; e 96% de doença.

O percentual de desfolha (%) foi estimado a partir da redução no número de folhas por planta, sendo atribuídas notas percentuais individualmente a cada planta. Essa avaliação foi realizada em 18 de março de 2025, no mesmo dia à última coleta de folhas destinada à análise de severidade.

A eficiência de controle (%) foi estimada para cada tratamento com base nos valores médios de severidade da doença, utilizando-se a testemunha como referência. Para esse cálculo, foi empregada a fórmula de Abbott. Essa fórmula proposta por William S. Abbott, em 1925, é amplamente utilizada para calcular a eficiência de controle de um tratamento em relação à testemunha. Esse procedimento permitiu quantificar a redução da severidade proporcionada por cada tratamento em relação à condição sem aplicação.

Deste modo, para a obtenção do material destinado à avaliação, foram coletadas 10 folhas, selecionadas aleatoriamente, do terço médio de cada planta da cultivar Eva Rubi, para realizar a análise de severidade da doença. Sendo assim, as coletas das folhas para as análises aconteceram em cinco momentos distintos, sendo dois no ano de 2024, em 16 de outubro e 10 de dezembro, e três no ano de 2025, em 23 de janeiro, em 11 de fevereiro e 18 de março.

Adicionalmente, foi efetuado o levantamento dos custos associados à aplicação de cada tratamento, os quais foram posteriormente relacionados à respectiva eficiência no controle da mancha foliar de marssonina, visando comparar o desempenho técnico e econômico das alternativas avaliadas.

Para a estimativa dos custos dos tratamentos, foram considerados os valores de aquisição dos produtos, em 2022. Nesse período, o produto Viça Nutri apresentava custo de R$ 65,00 por quilograma, enquanto o Supera possuía valor de R$ 105,00 por litro, o Bordasul era comercializado por R$ 80,00 por quilograma, o Sulfocal por R$ 42,00 por quilograma e o Status por R$ 100,00. Esses valores foram utilizados como base para o cálculo do custo de aplicação de cada tratamento ao longo do experimento. Considerando o número de 10 aplicações, o valor total dos tratamentos pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1 – Valor dos produtos comerciais, em reais, comprados em 2022, utilizados nas 10 aplicações do experimento.

Produtos	Valor comercial por litro/quilograma

Viça Nutri	146,25 R$
Supera	94,50 R$
Bordasul	180,00 R$
Sulfocal	94,50 R$
Status	100,00 R$

Fonte: Autoria própria (2026).

Os dados obtidos através das análises foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com o objetivo de verificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. Quando constatado efeito significativo, procedeu-se à comparação de médias por meio do teste de Scott-Knott, adotando-se nível de significância de 5%. Assim, foi possível realizar a adequada discriminação dos tratamentos, contribuindo para a interpretação consistente dos resultados experimentais.

4. Resultados

Não foi observado diferença significativa entre a maioria dos resultados avaliados com relação à severidade da doença. Entretanto, verificou-se diferença relevante quando o T6 (calda sulfocálcica) e o T1 (testemunha) foram comparados aos demais, onde esses manejos não apresentaram níveis satisfatórios de controle da doença. Esses resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Severidade (%) da mancha foliar de marssonina, das 5 avaliações, nos diferentes tratamentos orgânicos avaliados.

TRATAMENTOS	Avaliações de Severidade (%)				
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
T1 - Testemunha	0,92 a*	18,67 a*	37,50 a*	37,21 a*	60,26 a*
T2 - Bordasul	0,12 a	0,28 c	0,50 b	1,59 b	1,37 b
T3 - Viça Nutri	0,31 a	1,49 c	1,28 b	3,19 b	3,54 b
T4 - Supera	0,34 a	0,20 c	1,88 b	1,82 b	3,53 b
T5 - Status	0,08 a	0,12 c	0,39 b	0,86 b	1,75 b
T6 - Sulfocal	1,64 a	11,64 b	41,07 a	38,78 a	56,83 a
T7 - Sulfocal + Supera	0,08 a	0,31 c	1,10 b	2,34 b	2,25 b

* **Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de significância.**

Fonte: Autoria própria (2026)

Percebe-se na primeira avaliação não houve diferença estatística entre os tratamentos,

indicando que, nesse momento a doença ainda estava em níveis muito baixos de infecção e não permitia distinguir o efeito dos produtos aplicados. A partir da segunda avaliação, entretanto, as diferenças entre os tratamentos tornam-se mais evidentes. Na terceira, quarta e quinta avaliações, o avanço da doença na testemunha foi bastante acentuado, observado também no tratamento T6 (Sulfocal), os quais apresentaram níveis elevados de severidade de mancha foliar de marssonina indicando assim baixa eficiência no controle da doença.

Ademais, observa-se maior nível de controle da doença nos tratamentos T4, T5 e T7, os quais apresentam cobre (Cu) em sua composição. Os tratamentos contendo cobre destacam-se entre as alternativas avaliadas, evidenciando seu potencial no manejo da mancha foliar de marssonina nas condições em que o experimento foi conduzido (Katsurayama e Boneti).

De modo geral, os resultados indicam que a maioria dos produtos testados foram eficiente no manejo da doença, com exceção da calda sulfocálcica (Sulfocal), embora amplamente utilizada na fruticultura para o controle de doenças fúngicas, não apresentou níveis satisfatórios de controle do patógeno estudado em questão. Uma possível explicação para essa anormalidade é a qualidade do produto comercial quando vendido pronto, uma vez que a calda sulfocálcica preparada demonstra níveis superiores de qualidade.

Tabela 3: Desfolha (%) e produtividade de frutos de maçã (kg) nos diferentes tratamentos orgânicos aplicados para controle de *Marssonina coronaria.*

Tratamentos	Desfolha (%)	Produção (kg)
T1 - Testemunha	83,89 a*	5,09 b*
T2 - Bordasul	3,22 d	22,66 a
T3 - Viça Nutri	11,61 c	21,09 a
T4 - Supera	4,61 d	21,74 a
T5 - Status	5,11 d	15,84 a
T6 - Sulfocal	65,00 b	9,27 b
T7 - Sulfocal + Supera	6,89 d	23,97 a

*** Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de significância.**

Fonte: Autoria própria (2026)

Observa-se que os tratamentos que resultaram em menores índices de desfolha foram também aqueles associados às maiores produtividades de maçãs. Esse resultado evidencia a importância da manutenção da área foliar das plantas ao longo do ciclo produtivo, uma vez que a presença de folhas em boas condições favorece a fotossíntese e o adequado desenvolvimento

dos frutos. Dessa forma, os tratamentos que apresentaram melhor desempenho no controle da doença, refletido na redução da desfolha, também se destacaram quanto ao rendimento produtivo, indicando uma relação direta entre a eficiência no manejo da doença e a produtividade da cultura.

Convém ressaltar que os resultados observados neste trabalho estão diretamente relacionados às condições do sistema agroecológico em que o pomar está inserido. Nesse tipo de sistema produtivo, a presença de maior diversidade biológica, bem como o manejo que busca favorecer o equilíbrio do agroecossistema, pode influenciar no comportamento de pragas e doenças bem como na resposta das plantas aos diferentes tratamentos avaliados. Dessa forma, é possível que os resultados obtidos apresentem diferenças quando comparados a pomares conduzidos em sistemas convencionais de monocultura, nos quais a diversidade biológica é menor e um ambiente de produção mais simplificado. Assim, o contexto de manejo adotado na área experimental deve ser considerado na interpretação dos resultados apresentados.

Além da eficiência observada no controle da doença, os resultados também podem ser analisados sob a perspectiva da agroecologia. Sistemas agroecológicos buscam reduzir a dependência de insumos externos e fortalecer processos ecológicos naturais dentro do agroecossistema. Sendo assim, o uso de produtos permitidos na agricultura orgânica, associado à diversidade biológica presente na área experimental, pode contribuir para maior estabilidade do sistema produtivo, favorecendo a regulação natural de pragas e doenças e aumentando a resiliência do agroecossistema.

Também foi estimada a eficiência de controle (%) para cada tratamento avaliado, utilizando-se como referência os níveis de severidade observados. Posteriormente, estes resultados foram relacionados aos custos envolvidos nas aplicações, permitindo a determinação de um índice que expressa a relação entre custo e eficiência de controle. Desta forma, foi possível comparar o desempenho econômico dos tratamentos testados.

O índice de custo de controle foi obtido a partir da relação entre o custo do produto utilizado em cada tratamento e a eficiência de controle observada para a doença. Para realizá-lo, o valor gasto com o produto em cada aplicação foi dividido pelo percentual de eficiência de controle alcançado no respectivo tratamento. Este procedimento permitiu estimar quanto foi necessário investir para obter determinada redução da doença, assim é possível uma comparação mais clara entre os tratamentos quanto à sua viabilidade econômica e à relação entre o investimento realizado e o nível de controle proporcionado. Os resultados desta análise encontram-se apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Eficiência de controle (%), custos dos produtos utilizados nas aplicações (R$) e índice de custo por unidade de controle da mancha foliar de marssonina

Tratamento	Eficiência de controle (%)	Custo das aplicações (R$)	Índice de custo de controle (%)
T1 - Testemunha	0,00	0,00	0,00
T2 - Bordasul	95,00	405,00	4,26
T3 - Viça Nutri	87,29	329,06	3,77
T4 - Supera	89,93	85,05	0,95
T5 - Status	95,85	33,75	0,35
T6 - Sulfocal	2,99	212,65	71,12
T7 - Sulfocal + Supera	96,06	297,07	3,09

Fonte: Autoria própria (2026)

Em relação a análise do índice de custo por unidade de controle é perceptível diferenças importantes na viabilidade econômica entre os tratamentos avaliados. A testemunha apresentou eficiência de controle igual a 0%, não havendo retorno em relação ao custo de aplicação. Entre os tratamentos testados, aquele que apresentou 95,85% de eficiência (T5) destacou-se por apresentar o menor custo por unidade de controle (0,35), por conta do baixo custo de aplicação aliado à elevada eficiência no controle da doença. O tratamento T4, com 89,93% de eficiência, também demonstrou boa relação entre custo e eficiência, apresentando custo por unidade de controle de 0,95. Por outro lado, os tratamentos com eficiências de 87,29% (T3) e 96,06% (T7) apresentaram custos por unidade de controle mais elevados, 3,77 e 3,09 respectivamente, o que se explica pelo maior custo das aplicações, mesmo mantendo níveis altos de controle.

Em contraste, o tratamento que apresentou apenas 2,99% de eficiência (T6) registrou o maior custo por unidade de controle, evidenciando baixa eficiência associada a um custo relativamente alto. Desta forma, os resultados indicam que a avaliação conjunta entre eficiência de controle e custo das aplicações é essencial para identificar as alternativas mais viáveis do ponto de vista econômico no manejo da doença.

A análise econômica dos tratamentos evidencia que a escolha de estratégias de manejo deve considerar não apenas a eficiência agronômica, mas também o retorno econômico obtido pelo produtor. Na produção orgânica, onde o custo de alguns insumos pode ser elevado e a disponibilidade de produtos é limitada, a identificação de alternativas com melhor relação custo-benefício torna-se fundamental para garantir a viabilidade econômica da atividade.

Na definição de estratégias para o manejo de doenças, é fundamental considerar não apenas

a eficiência agronômica dos tratamentos, mas também sua viabilidade econômica. Neste contexto, a análise da relação custo-benefício torna-se uma ferramenta importante, pois permite comparar diferentes métodos de controle e identificar aqueles que proporcionam melhor retorno econômico ao produtor, aliando eficiência no controle da doença à otimização dos custos de produção (Belarmino, 1992).

5. Considerações finais

Com base nos resultados obtidos com o experimento, foi possível verificar diferenças no desempenho dos tratamentos avaliados quanto ao controle da doença e à relação entre custo e eficiência. Entre os tratamentos testados, o T7 (Sulfocal + Supera) apresentou a maior eficiência de controle, indicando maior capacidade de reduzir a severidade da doença nas condições em que o estudo foi conduzido. Entretanto, quando considerada a relação entre os custos de aplicação e os resultados obtidos, o tratamento T5 (Status) destacou-se por apresentar o melhor custo-benefício, demonstrando maior viabilidade econômica para o produtor, mostrando mais eficiência por cada real (R$) investido.

De modo geral, observou-se que os tratamentos que continham cobre (Cu) em sua composição tenderam a apresentar resultados positivos no controle da doença, reforçando o potencial desses produtos no manejo fitossanitário da cultura. Por outro lado, a calda sulfocálcica aplicada isoladamente (T6) não apresentou o desempenho esperado, indicando menor eficiência em comparação aos demais tratamentos avaliados no experimento. Esses resultados evidenciam a importância de considerar simultaneamente a eficiência agronômica e os custos envolvidos no manejo, buscando alternativas que aliem bom controle da doença e viabilidade econômica para o sistema de produção.

Cabe destacar que os resultados obtidos de desfolha e severidade da mancha foliar de marssonina devem ser interpretados considerando que o pomar de macieiras está inserido em um sistema agroecológico de produção. Em condições de monocultura, onde há menor diversidade biológica e um ambiente mais simplificado, o comportamento dos tratamentos e os resultados observados poderiam ser diferentes.

Referências

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p.255 - 257, 1925.

ALTIERI, M. A.; FUNES-MONZOTE, F. R.; PETERSEN, P. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, n. 1, p. 1–13, 2011.

ANDERSEN, P. C..; SHAHID, M. A.; FOLTA, K. *Low-chill apple cultivars for North Florida and North Central Florida. HS764/MG368, rev. 11/2022.* **EDIS**, v. 2022, n. 6, 2022.

BELARMINO, L. C. Avaliação Econômica de Inseticidas Biológicos. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasilia, v.27, s/n, p.371-389, 1992.

CASTELLAR, C.; JAUCH, F.; MOREIRA, R. R.; DA SILVA S. D., H.; DE MIO, L. L. M. Standard area diagram set for assessment of severity and temporal progress of apple blotch. **European Journal of Plant Pathology**, v. 160, n. 3, p. 599–609, 2021.

DANG, J. L.; GLEASON, M. L.; NIU, C. K.; LIU, X.; GUO, Y. Z.; ZHANG, R.; SUN, G. Y. Effects of fungicides and spray application interval on controlling Marssonina blotch of apple in the Loess Plateau region of China. **Plant Disease,** v. 101, n. 4, p. 568–575, 2017

EUROPEAN COMMISSION. **Apple production: prices, production and stocks in the European Union.** 2024. Disponível em: https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/17a7b758-e5fc-457c-a7ab-4c387db82f90_en. Acesso em: 22 nov. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Agricultural production statistics: highlights and data (2010–2023)**. 2024. Disponível em: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/df90e6cf-4178-4361-97d4-5154a9213877/content. Acesso em: 22 nov. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **FAOSTAT.** Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data. Acesso em: 25 nov. 2025.

FIORAVANÇO, J. C.; SANTOS, R. S. S. dos **Maçã: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Embrapa, 2013. 239 p.

GLIESSMAN, S. R. Transforming food and agriculture systems with agroecology. **Agriculture and Human Values**, v. 37, n. 3, p. 547–548, 2020.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Merenda nas escolas estaduais será 100% orgânica até 2030.** Agência Estadual de Notícias, Curitiba, 3 set. 2019. Disponível em: https://www.parana.pr.gov.br/aen/Noticia/Merenda-nas-escolas-estaduais-sera-100-organica-ate-2030. Acesso em: 6 mar. 2026.

GORITSCHNIG, L.; DURSTBERGER, T.; BURTSCHER-SCHADEN, H.; ZALLER, J. G. The ecotoxicity of pesticides used in conventional apple and grapevine production in Austria is much higher for honeybees, birds and earthworms than nature-based substances used in organic production. **Agrochemicals,** v. 3, n. 4, p. 232–252, 2024.

JEZ, E.; PELLEGRINI, E.; CONTIN, M. Copper bioavailability and leaching in conventional and organic viticulture under environmental stress. **Applied Sciences,** v. 13, n. 4, p. 2595, 2023.

KAI, T.; ADHIKARI, D.. Effect of organic and chemical fertilizer application on apple nutrient content and orchard soil condition. **Agriculture**, v. 11, n. 4, 2021.

KATSURAYAMA, Yoshinori; DA SILVA BONETI, José Itamar. Manejo das Doenças de Verão da Macieira.

KRETZSCHMAR, A.; DUARTE, V. Ocorrência e intensidade de Marssonina mali em macieira cv. Eva nas condições da Depressão Central do Rio Grande do Sul: occurrence and intensity of Marssonina mali on apple cv. Eva in the Central Basin of Rio Grande do Sul State. **Revista de Ciências Agroveterinárias,** v. 4, 2014.

KÖPPEN, W. P.. **Das geographische system der klimate.** In: GEIGER, Rudolf (ed.). *Handbuch der Klimatologie.* Berlin, Alemanha: Gebrüder Borntraeger, 1936. v. 1, Teil C, p. 44.

LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. d. **Evolução da produção da maçã.** Brasília: Embrapa, 2018. (Relatório técnico).

LEE, D.; BACK, C.; WIN, N.; CHOI, K.; KIM, K.; KANG, I.; CHOI, C.; YOON, T.; UHM, J.Y.; JUNG, H. Biological characterization of Marssonina coronaria associated with apple blotch disease. **Mycobiology,** v. 39, n. 3, p. 200–205, 2011.

LI, Y. **Marssonina blotch of apple.** New Haven, CT, USA: The Connecticut Agricultural Experiment Station, 2019. (Relatório técnico).

LOPES, P. R.; LOPES, K. C. S. A. Sistemas de produção de base ecológica–a busca por um desenvolvimento rural sustentável. **REDD–Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, v. 4, n. 1, 2011.

NEVES, M. C. P.; MEDEIROS, C. A. B.; ALMEIDA, D. L. d.; DE-POLLI, H.; RODRIGUES, H. d. R.; GUERRA, J. G. M.; NUNES, M. U. C.; CARDOSO, M. O.; AZEVEDO, M. d. S. F. R.; VIEIRA, R. d. C. M. T.; SAMINÊZ, T. C. d. Agricultura orgânica: instrumento para a sustentabilidade dos sistemas de produção e valoração de produtos agropecuários. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2000. (Relatório técnico).OUR WORLD IN DATA**. Apple production**. 2025. Disponível em: https://ourworldindata.org/grapher/apple-production. Acesso em: 22 nov. 2025.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **O cultivo e o mercado da maçã.** 2020. Disponível em: https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-da-maca,ea7a9e665b182410VgnVCM100000b272010aRCRD. Acesso em: 25 nov. 2025.

TRAPMAN, M. **Control of Marssonina leaf fall disease in organic apple production**. 2016. Disponível em: https://rimpro.cloud/wp-content/uploads/2021/09/2016-Control-of-Marssonina-leaf-fall-disease-in-organic-apple-production.-EFM-06.2016.pdf. Acesso em: 25 nov. 2025.

TEGTMEIER, R.; ŠVARA, A.; GRITSENKO, D.; KHAN, A. Malus sieversii: a historical, genetic, and conservational perspective of the primary progenitor species of domesticated apples. **Horticulture Research,** v. 12, n. 1, 2024.