

**ANÁLISE ESPACIAL DA ANTRACNOSE EM JAMBO-VERMELHO POR  
MEIO DE FERRAMENTAS DIGITAIS E GEOTECNOLOGIAS EM  
CARMO DO RIO VERDE-GO**

***Spatial analysis of anthracnose in red wax jambu using digital tools  
and geotechnologies in Carmo do Rio Verde, Goiás, Brazil***

***Análisis espacial de la antracnosis en jambo rojo mediante  
herramientas digitales y geotecnologías en Carmo do Rio Verde, Goiás,  
Brasil***

**Joschua Rangel Campos Gomes**

Instituto Federal Goiano, Ceres, Goiás, Brasil  
E-mail: joschua.rangel@estudante.ifgoiano.edu.br

**Marcelo Rodrigues de Oliveira Junior**

Instituto Federal Goiano, Ceres, Goiás, Brasil  
E-mail: marcelo.junior1@estudante.ifgoiano.edu.br

**Vinicius Silva Brito**

Instituto Federal Goiano, Ceres, Goiás, Brasil  
E-mail: vinicius.brito@estudante.ifgoiano.edu.br

**Heduardo Rodrigues da Silva Fernandes Pinheiro**

Instituto Federal Goiano, Ceres, Goiás, Brasil  
E-mail: heduardo.pinheiro@estudante.ifgoiano.edu.br

**Mônica Lau da Silva Marques**

Instituto Federal Goiano, Ceres, Goiás, Brasil  
E-mail: monica.lau@ifgoiano.edu.br

**RESUMO**

A antracnose, doença amplamente distribuída em ambientes tropicais e subtropicais, constitui um dos principais entraves fitossanitários que afetam a qualidade estética e fisiológica de espécies utilizadas na arborização urbana. Este estudo objetivou analisar a incidência, severidade e distribuição espacial da antracnose em jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*) na área urbana de Carmo do Rio Verde, Goiás. Foram realizadas coletas foliares sistemáticas, georreferenciamento dos indivíduos infectados e análises digitais de severidade utilizando o software ImageJ. A distribuição espacial da doença foi avaliada através da interpolação IDW (Inverse Distance Weighting), permitindo a identificação de zonas de maior pressão do patógeno. A caracterização morfológica dos sinais e sintomas, incluindo lesões necróticas circulares e acérvulos com massas de conídios, possibilitou o diagnóstico presuntivo do gênero *Colletotrichum*, agente etiológico

frequentemente associado à doença em espécies da família Myrtaceae. Os resultados evidenciaram que, embora indivíduos localizados em diferentes setores da malha urbana apresentem sintomas, há concentração de maior severidade em áreas com maior sombreamento, maior umidade relativa e menor circulação de ar, fatores reconhecidamente favoráveis ao desenvolvimento do patógeno. A análise digital revelou variação significativa da intensidade dos danos entre indivíduos, corroborando a influência de condições microambientais e fitossanitárias específicas. O mapeamento permitiu inferir que o patógeno se encontra estabelecido no município, com dinâmica heterogênea ao longo do espaço urbano. O estudo demonstra a importância do monitoramento georreferenciado como ferramenta de apoio à gestão da arborização urbana, contribuindo para tomadas de decisão voltadas à manutenção da saúde vegetal e mitigação de doenças fúngicas em espécies de interesse paisagístico.

**Palavras-chave:** Antracnose. *Colletotrichum*. Geoprocessamento. Arborização urbana.

#### **ABSTRACT**

Anthracnose is a widely distributed disease in tropical and subtropical regions and represents an important phytosanitary challenge for urban tree species, compromising both aesthetic quality and physiological performance. This study evaluated the incidence, severity, and spatial distribution of anthracnose in Malay apple (*Syzygium malaccense*) trees in the urban area of Carmo do Rio Verde, Goiás, Brazil. Leaves were systematically sampled, symptomatic individuals were georeferenced, and disease severity was quantified through digital image analysis using *ImageJ*. Spatial patterns of disease occurrence were examined using Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation, enabling the identification of hotspots with greater disease pressure. Symptomatology and morphological assessments, including circular necrotic lesions and acervuli containing conidial masses, supported the presumptive identification of *Colletotrichum* spp., a fungal genus frequently associated with anthracnose in Myrtaceae hosts. Symptomatic trees were distributed throughout the urban area; however, higher disease severity was concentrated in locations with greater shading, higher relative humidity, and limited air circulation, environmental conditions favorable to pathogen development. Quantitative image analysis revealed substantial variation in disease severity among individuals, indicating the influence of local microclimatic and phytosanitary conditions on symptom expression. Spatial analysis suggested that the pathogen is established in the municipality and exhibits a heterogeneous distribution across the urban landscape. Overall, the study demonstrates the utility of georeferenced monitoring for urban forest health assessment and provides relevant support for management strategies aimed at reducing fungal disease impacts on ornamental tree species.

**Keywords:** Anthracnose; *Colletotrichum*; Geospatial analysis; Urban forestry.

**RESUMEN**

La antracnosis, enfermedad ampliamente distribuida en regiones tropicales y subtropicales, constituye una importante limitación fitosanitaria que afecta la calidad estética y fisiológica de especies utilizadas en el arbolado urbano. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la incidencia, la severidad y la distribución espacial de la antracnosis en individuos de *Syzygium malaccense* en el área urbana de Carmo do Rio Verde, Goiás, Brasil. Se realizaron muestreos foliares sistemáticos, georreferenciación de los individuos infectados y cuantificación digital de la severidad mediante el software *ImageJ*. La distribución espacial de la enfermedad fue analizada mediante interpolación por Distancia Inversa Ponderada (IDW, *Inverse Distance Weighting*), lo que permitió identificar zonas con mayor intensidad de la enfermedad. La caracterización morfológica de signos y síntomas, incluyendo lesiones necróticas circulares y acérvulos con masas de conidios, fue consistente con el diagnóstico presuntivo de *Colletotrichum* spp., un género fúngico frecuentemente asociado con la antracnosis en especies de la familia Myrtaceae. Aunque se observaron individuos sintomáticos en diferentes sectores del área urbana, la mayor severidad se concentró en sitios con mayor sombreadamiento, mayor humedad relativa y menor circulación de aire, condiciones reconocidamente favorables para el desarrollo del patógeno. El análisis digital reveló una variación significativa en la intensidad de los daños entre individuos, lo que refuerza la influencia de condiciones microambientales y fitosanitarias específicas sobre la expresión de la enfermedad. El análisis espacial permitió inferir que el patógeno se encuentra establecido en el municipio, con una distribución heterogénea a lo largo del paisaje urbano. En conjunto, el estudio destaca la importancia del monitoreo georreferenciado como herramienta de apoyo para la gestión del arbolado urbano, contribuyendo a la toma de decisiones orientadas a la conservación de la sanidad vegetal y a la mitigación de enfermedades fúngicas en especies ornamentales y de interés paisajístico.

**Palabras clave:** Antracnosis; *Colletotrichum*; Geoprocesamiento; Arbolado urbano.

**INTRODUÇÃO**

A família Myrtaceae destaca-se pela ampla distribuição em regiões pantropicais e subtropicais, com maior representatividade na região neotropical e na Austrália, reunindo elevado número de gêneros e espécies de reconhecida importância ecológica, alimentar e medicinal. No Brasil, essa família ocupa posição de destaque na flora nacional, abrangendo táxons relevantes, entre os quais se sobressaem *Eucalyptus* spp., *Eugenia* spp. e *Myrcia* spp. (Carvalho e Gaiada, 2021).

Nesse grupo, o jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*) tem despertado interesse em função de seu potencial ornamental, alimentar e funcional. Conforme Motta (2023), trata-se de uma espécie pertencente à família Myrtaceae, originária de regiões da Oceania, como a Polinésia, a Malásia e o Arquipélago de Malaca. De acordo com Neto et al. (2024), a espécie, amplamente conhecida como jambeiro-vermelho, apresenta origem no Sudeste Asiático, especialmente na Índia e na Malásia, e encontra condições favoráveis de desenvolvimento no Brasil, com ocorrência predominante nas regiões Norte e Nordeste, além de áreas mais quentes do Sudeste. Segundo Munhoz et al. (2018), trata-se de uma frutífera tropical caracterizada pela coloração intensamente avermelhada e pelo aroma marcante de seus frutos.

Embora ainda seja considerada uma frutífera exótica pouco explorada, *Syzygium malaccense* apresenta características que justificam crescente interesse científico. De acordo com Nascimento et al. (2023), o fruto adapta-se bem ao clima tropical e aos solos férteis brasileiros, especialmente na região Nordeste, destacando-se por seu caráter comestível, carnoso e pela intensa coloração vermelha na maturação. Conforme os autores, a polpa apresenta elevado teor de água, carboidratos e fibras, enquanto casca e semente concentram compostos fenólicos, antocianinas e vitaminas associados à atividade antioxidante e a potenciais efeitos anti-inflamatórios, antitumorais, antimicrobianos e antidiabéticos. Segundo Ferreira (2024), o jambo também se sobressai por sua composição nutricional, com presença de vitaminas A, B12 e C, além de minerais como cálcio, ferro e fósforo, bem como compostos antioxidantes, a exemplo de antocianinas, carotenoides e flavonoides.

Apesar dessas potencialidades, a espécie está sujeita à ocorrência de problemas fitossanitários relevantes. Conforme Silva (2007), o jambeiro permanece exposto à ação de fitopatógenos em condições ambientais favoráveis, especialmente na região amazônica, destacando-se a antracnose, associada a *Glomerella cingulata* e *Colletotrichum gloeosporioides*. De acordo com o autor, a doença pode manifestar sintomas poucos dias após a infecção, com lesões capazes de

comprometer significativamente a produtividade e a comercialização. Em complemento, Ueno (s.d.) descreve que a antracnose causada por *Colletotrichum gloeosporioides* se caracteriza, principalmente, por manchas deprimidas e circulares nos frutos, de coloração castanha e textura firme, cuja evolução é favorecida por elevada umidade.

No âmbito da avaliação de estruturas vegetais e da identificação de alterações visuais em tecidos vegetais, ferramentas digitais têm se mostrado relevantes. Segundo Yano et al. (2021), o ImageJ consiste em um software livre e multiplataforma amplamente empregado no processamento de imagens, permitindo a detecção, a identificação, a contagem e o mapeamento de objetos por meio de recursos baseados em seleção de pixels, delimitação de bordas e operações lógicas e aritméticas. De acordo com Resende (2022), o escaneamento de estruturas vegetais associado ao processamento das imagens no programa configura um dos métodos mais utilizados para mensuração de área foliar.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a incidência e a severidade da antracnose em árvores de jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*) localizadas na área urbana do município de Carmo do Rio Verde, Goiás, por meio de registros georreferenciados e análise digital de imagens foliares no software ImageJ. Adicionalmente, buscou-se compreender a distribuição espacial da doença e seus impactos sobre as plantas, contribuindo para o conhecimento fitossanitário da espécie e para a adoção de práticas de manejo adequadas às condições locais. O estudo também objetivou caracterizar as principais características do agente causal da antracnose no jambo e reunir os principais métodos de controle disponíveis para a doença.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

A família Myrtaceae apresenta ampla distribuição nas regiões pantropicais e subtropicais, com maior concentração na região neotropical e na Austrália, compreendendo aproximadamente 130 gêneros e quatro mil espécies, sendo considerada uma das maiores da flora brasileira, com 23 gêneros e cerca de

1.000 espécies. Diversas espécies possuem propriedades medicinais e potencial de uso alimentar, destacando-se, em âmbito mundial, o gênero *Eucalyptus* spp., e, no Brasil, os gêneros *Eugenia* spp. e *Myrcia* spp. (Carvalho e Gaiada, 2021).

São espécies nativas e naturalizadas no Brasil, caracterizando-se por apresentar ampla diversidade morfológica e ecológica, podem ocorrer na forma de árvores, arbustos ou subarbustos, geralmente eretos e inermes, com troncos de córtex liso ou, menos frequentemente, rugoso e esfoliante. As folhas são predominantemente opostas e decussadas, de consistência cartácea a coriácea, com margem inteira e venação penínérvea, sendo comuns as pontuações translúcidas e, em alguns casos, a presença de domácias nas axilas das nervuras (Proença *et al.*, 2023).

As inflorescências podem se apresentar em diferentes disposições, variando entre formas paniculiformes, racemosas ou fasciculiformes, e as flores geralmente possuem coloração branca ou creme, embora ocorram tonalidades róseas, magenta ou vermelhas em alguns gêneros. As flores são bissexuadas, actinomorfas e epíginas, com hipanto envolvendo o ovário e cálice geralmente de quatro a cinco lobos. O androceu é tipicamente polistêmone, com estames longos e vistosos, enquanto o gineceu possui ovário ínfero e placentação axial (Proença *et al.*, 2023).

Os frutos, predominantemente do tipo baga, conservam o tubo do hipanto e os lobos do cálice, podendo conter uma ou várias sementes. As sementes apresentam testa membranácea a óssea, endosperma ausente e embrião variável, com cotilédones livres ou fusionados. Tais características refletem a complexidade morfológica e adaptativa da família Myrtaceae, que exerce papel significativo na diversidade florística e ecológica dos biomas brasileiros (Proença *et al.*, 2023).

O jambo (*Syzygium malaccense* Linnaeus) é uma espécie originária de países da Oceania, como a Polinésia, a Malásia e o Arquipélago de Malaca, regiões onde foi inicialmente registrada. Essa planta pertence à família Myrtaceae, a mesma de frutos como a jabuticaba, a pitanga e o camu-camu. Além disso, diversos fatores influenciam sua floração, destacando-se as

condições climáticas, o estado nutricional e o equilíbrio hormonal da árvore (Motta, 2023).

De acordo com Neto et al. (2024), *Syzygium malaccense* é uma espécie frutífera pertencente à família Myrtaceae, amplamente conhecida como jambeiro-vermelho e cujo centro de origem se concentra no Sudeste Asiático, especialmente na Índia e na Malásia. Segundo a autora, a espécie encontra condições favoráveis de desenvolvimento no Brasil, ocorrendo predominantemente nas regiões Norte e Nordeste, além de apresentar distribuição em áreas de clima mais quente do Sudeste. Munhoz et al., (2018), descreve o jambo vermelho como uma frutífera de clima tropical, reconhecida pela produção de frutos de coloração intensamente avermelhada e pelo aroma marcante que lhes confere elevado apelo sensorial.

Conforme a apresentação morfológica da espécie por Cavalcanti (1991); Lorenzi *et al.*, (2003) *apud* Scareli-Santos (2016) trata-se de uma árvore perenifólia de tronco ereto, dotado de casca rugosa de tonalidade pardo-acinzentada. Apresenta ramificação que se dispõe de maneira a formar uma copa típica, variando entre os formatos piramidal e cônico desde a base. As folhas são grandes, simples e coriáceas, exibindo coloração verde-escura, limbo elíptico a ovalado e filotaxia oposta. As inflorescências axilares surgem diretamente nos ramos, possuem coloração vermelho-púrpura e apresentam estames alongados. Os frutos são classificados como drupas piriformes, com casca variando do vermelho ao roxo, polpa branca, suculenta e adocicada, contendo uma única semente marrom. A espécie é ainda frequentemente utilizada como ornamental, especialmente na arborização urbana da região Norte do Brasil.

Camillo (2016) observa que o jambo, também conhecido como jambo-da-Índia no Brasil, recebe diversos nomes em inglês, como "*moutain-apple, malay-apple, malay-rose-apple, malacca-apple e pomerac*", e em espanhol é chamado de *pomagás* ou *pomalaca*. No país, a planta é frequentemente denominada jambo-vermelho devido à existência de outras espécies do gênero *Syzygium spp.* com frutos de coloração diferente. A espécie é amplamente utilizada para

fins ornamentais, sendo indicada para arborização urbana, parques e jardins, graças à sua copa piramidal, folhagem atraente e capacidade de fornecer sombra. Apesar da beleza das flores, estas apresentam curta durabilidade.

De acordo com estudos de Nascimento *et al.*, (2023), o Brasil possui uma ampla diversidade de espécies frutíferas exóticas ainda pouco exploradas, entre as quais se destaca o jambo-vermelho (*Syzygium malaccense (Linnaeus) Merr. e L. M. Perry*). Essa fruta, originária da Ásia, adaptou-se bem ao clima tropical e aos solos férteis brasileiros, especialmente na região Nordeste. O fruto é comestível, carnoso, apresenta coloração vermelha intensa quando maduro, podendo alcançar até 10 cm de comprimento e cinco cm de largura, e sua polpa é rica em água, carboidratos e fibras. Já a casca e a semente concentram compostos fenólicos, antocianinas e vitaminas, responsáveis por propriedades antioxidantes, além de potenciais efeitos anti-inflamatórios, antitumorais, antimicrobianos e antidiabéticos. Todas as partes da árvore têm aplicação na medicina e na farmacologia tradicionais, embora mais pesquisas sejam necessárias para comprovar tais benefícios.

Segundo Ferreira (2024), o jambo não se destaca apenas pelo sabor agradável, mas também por sua composição rica em nutrientes e compostos bioativos. Entre os principais, encontram-se vitaminas como A, B12 e C, além de minerais como cálcio, ferro e fósforo, bem como antocianinas, carotenoides e flavonoides, substâncias antioxidantes que auxiliam no combate aos radicais livres associados a doenças crônicas.

Como aponta Silva (2007) sobre a cultura do jambo vermelho *Syzygium malaccense (Linnaeus) Merr. e L. M. Perry*, a planta está constantemente exposta a fitopatógenos devido às condições ambientais favoráveis da região amazônica. Entre os patógenos registrados, destaca-se a antracnose, causada por *Glomerella cingulata* e *Colletotrichum gloeosporioides*, que ataca principalmente os frutos, provocando redução significativa na produção. Os sintomas podem surgir poucos dias após a infecção, iniciando-se em lesões nos tecidos dos frutos, que se assemelham àqueles observados naturalmente. Devido ao impacto direto sobre a produtividade e a comercialização, essa doença

representa um risco considerável, podendo ocasionar perdas de até 100% em períodos relativamente curtos, o que evidencia a necessidade de identificação precoce e de medidas de controle adequadas.

De acordo com as observações de Ueno (s.d.), a antracnose causada por *Colletotrichum gloeosporioides* manifesta-se, principalmente, por meio de manchas deprimidas e circulares nos frutos, caracterizadas pela coloração castanha e textura firme. Em ambientes com maior umidade, observa-se a formação de acérvulos no centro das lesões, os quais apresentam massa de esporos de tonalidade alaranjada. Em frutos ainda verdes, especialmente aqueles com até 3 cm, a infecção pode levar à formação de "múmias", que permanecem aderidas à planta. O patógeno também pode comprometer sépalas e ramos, produzindo cancrios com padrões concêntricos e gerando novos acérvulos. A prevenção e o manejo eficaz da doença incluem a eliminação de restos culturais contaminados e a redução da presença de plantas hospedeiras próximas ao pomar, como mamão, maçã, banana e uva, de modo a diminuir a oferta de inóculo primário. Nos casos em que a doença já se encontra instalada, é indicado adotar práticas sanitárias rigorosas nessas espécies e empregar fungicidas registrados para o controle da antracnose. Tratamentos de inverno com calda sulfocálcica ou produtos cúpricos contribuem para reduzir o inóculo inicial da safra seguinte. Ressalta-se que, em pomares manejados adequadamente contra a podridão-parda, sobretudo nas fases de florescimento e pré-colheita, a antracnose tende a ocorrer com menor severidade, uma vez que muitos fungicidas utilizados para aquele patógeno também apresentam eficácia contra *C. gloeosporioides*.

Conforme Yano *et. al.*, (2021), o ImageJ é um software livre e multiplataforma voltado para o processamento de imagens em diversas aplicações, incluindo a detecção de objetos. Para essa detecção, o programa oferece múltiplas técnicas, como seleção por valores de pixels, delineamento de fronteiras e operações lógicas e aritméticas, entre outras, que podem ser combinadas para facilitar e agilizar a criação de scripts destinados à

identificação, contagem e mapeamento de objetos de interesse, sendo necessário apenas que o sistema tenha o Java instalado.

Resende (2022) explica que as informações apresentadas, atualmente o método mais empregado para medir a área foliar consiste no escaneamento das folhas seguido do processamento das imagens no programa ImageJ. Contudo, a necessidade de um escâner e de um computador disponíveis no campo limita a aplicação dessa ferramenta em condições externas a laboratório.

Objetiva-se avaliar a incidência e a severidade da antracnose em árvores de jambo-vermelho localizadas na área urbana do município de Carmo do Rio Verde, Goiás, por meio de registros georreferenciados e análise digital de imagens foliares no software ImageJ.

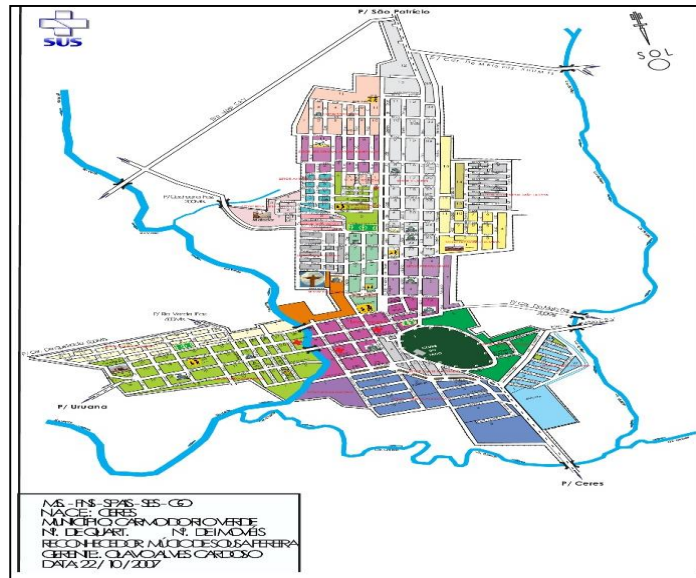
## **METODOLOGIA**

Realizou-se uma pesquisa de estudo de campo, ocorrendo à avaliação e o diagnóstico da incidência de antracnose em jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*), realizados em diferentes bairros do município de Carmo do Rio Verde, Goiás, Brasil, incluindo o Setor Jardim Cachoeira, Setor Centro, Setor Jalles Machado, Setor Pereira Lemes, Setor Portal do Lago e Jardim do Lago.

As coordenadas geográficas (UTM) de cada árvore amostrada foram registradas pelo aplicativo UTM *Maps*, disponível em: (<https://www.yogantara.com/>), para posterior utilização em análises de geoprocessamento da área urbana do município. Foi utilizado mapa do município do Carmo do Rio Verde conforme figura 1 para dar um norte na coleta das amostras.

Foram observadas árvores de jambo-vermelho com aproximadamente dois metros de altura. Para cada árvore selecionada, procedeu-se à coleta aleatória de folhas basais, com o auxílio de um celular modelo *Redmi 9s*, marca *Xiaomi*. Os pontos amostrais foram estabelecidos respeitando as orientações dos quatro pontos cardeais (Norte, Sul, Leste e Oeste), além de uma amostra proveniente do centro da copa de cada planta amostrada.

Figura 01: Mapa do Município de Carmo do Rio Verde- GO.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Coletou-se oito folhas por árvore que foram acondicionadas em sacos de papel *kraft* que apresentaram sintomas típicos da antracnose, as mesmas foram guardadas em ambientes climatizados com a temperatura 16 graus, coletou-se de 102 árvores, destas foram selecionadas cinco folhas de cada árvore formando o total de 510 folhas amostradas da arborização do município do Carmo do Rio Verde - GO.

Após as coletas, selecionaram-se as folhas com sintomas da doença sendo levado para o laboratório de microscopia do Instituto Federal Goiano Campus Ceres, posteriormente prepararam-se lâminas através do método de pescagem direta e cortes histológicos para observação das estruturas fúngicas em microscópios óticos no aumento de 10x e 40 x.

Após o preparo das mesmas, estas foram vedadas com base (esmalte incolor) para a conservação do material, sendo posteriormente analisadas em microscópio óptico no aumento de 40 x as estruturas fúngicas em nível de gênero, onde foram realizados registros de microfotografia digital com o auxílio de um celular modelo *Redmi 9s*, marca *Xiaomi*.

Sendo as mesmas folhas identificadas e digitalizadas a uma resolução de 300 dpi com scanner comum, empregando-se uma escala em centímetros como referência de medida. A área foliar de cada amostra coletada foi estimada utilizando o software ImageJ, disponível gratuitamente via internet (<http://rsbweb.nih.gov/ij/>).

Os dados referentes às áreas foliares obtidos foram armazenados em uma planilha eletrônica do Google Drive, Planilha Google para posterior análise da severidade da doença e confecção do mapa.

A interpolação espacial dos dados referentes à severidade da antracnose em folhas de jambo foi realizada por meio do método *Inverse Distance Weighting (IDW)*. O conjunto amostral foi composto por 102 pontos georreferenciados, nos quais a severidade da doença foi avaliada em campo mediante protocolo visual padronizado.

O método *IDW* fundamenta-se no princípio de que a influência dos valores amostrados decresce à medida que aumenta a distância entre o ponto conhecido e o ponto a ser estimado. Dessa forma, os pontos mais próximos exercem maior influência sobre a estimativa final, enquanto os mais distantes apresentam menor peso. A estimativa dos valores é realizada por meio de média ponderada, conforme a expressão:

$$\hat{Z}(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z(x_i)}{d_i^p}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad (1)$$

Em que:

$\hat{Z}(x_0)$  representa o valor estimado no ponto interpolado;  
 $Z(x_i)$  refere-se ao valor observado no ponto;  
 $d_i$  é a distância entre o ponto interpolado e o ponto amostral;  
 $p$  corresponde ao expoente da potência;  
e  $n$  é o número de pontos vizinhos considerados.

Neste estudo, utilizou-se o expoente  $p = 2$ , por ser o valor mais empregado em análises fitopatológicas e por intensificar a influência dos pontos mais próximos. A interpolação foi executada em ambiente de Sistema de Informações

Geográficas (SIG), utilizando raio de busca variável e estabelecendo um mínimo de quatro pontos vizinhos para a realização de cada estimativa.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Cherlinka (2025) expõe que o manejo integrado de doenças em plantas, as medidas mais eficazes para o controle alternativo da antracnose envolvem práticas culturais, controle biológico, poda, aplicação de fungicidas e uso de tratamentos naturais. As práticas culturais incluem a remoção de partes infectadas e a utilização de cobertura vegetal para reduzir a dispersão de esporos. O controle biológico pode ser realizado com microrganismos benéficos, como *Bacillus subtilis* e *Trichoderma*, que competem com o patógeno. A poda das folhas inferiores favorece a ventilação e diminui o risco de infecção. Em alguns casos, o uso de fungicidas à base de cobre ou clorotalonil é necessário para proteger os tecidos sadios. Além disso, tratamentos naturais e orgânicos têm se mostrado alternativas sustentáveis, contribuindo para o controle da doença sem causar impactos ambientais negativos.

Segundo Ide e Martelleto (2008), a prevenção da doença inclui a realização de podas de limpeza, a fim de manter as plantas bem arejadas e reduzir a umidade no interior da copa. Recomenda-se evitar que os frutos caiam e apodreçam no solo, pois isso favorece a disseminação do patógeno. Ressalta-se que o ensacamento dos frutos pode aumentar a incidência da doença. O controle químico, quando necessário, deve ser realizado com oxiclreto de cobre a 0,5% para frutos destinados à indústria e com calda sulfocálcica a 1% para frutos destinados ao consumo in natura.

De acordo com Oliveira *et al.* (2021) sobre o manejo químico da antracnose, o controle da doença tem sido realizado por meio do uso de princípios ativos como azoxistrobina associada ao difenoconazol, além de compostos à base de cobre e sulfato de cobre. No entanto, fungicidas pertencentes aos grupos DMI (inibidores da desmetilação – triazóis) e QoI (inibidores da quinona externa – estrobilurinas), representados pelo difenoconazol e pela azoxistrobina,

respectivamente, apresentam risco de médio a alto para o desenvolvimento de resistência do fungo, o que pode reduzir a eficiência dos defensivos em campo e reforça a necessidade de monitorar a sensibilidade do patógeno aos produtos utilizados.

A superfície contínua gerada possibilitou a visualização da distribuição espacial da severidade da antracnose, evidenciando zonas de maior e menor intensidade da doença.

Figura 02: Incidência e severidade da antracnose em Carmo do Rio Verde-Go.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Pantoja et al., (2014) *apud* Resende (2022), evidencia que o ImageJ atua analisando imagens com base na intensidade ou nível de cinza dos pixels, possibilitando medições de distâncias e ângulos, elaboração de histogramas de densidade e aplicação de diversas funções de processamento, como operações aritméticas e lógicas entre imagens, ajuste de contraste, nitidez, suavização, detecção de bordas, filtragem de mediana e zoom. O software pode ser utilizado tanto em fotos quanto em vídeos, oferecendo múltiplas ferramentas úteis para

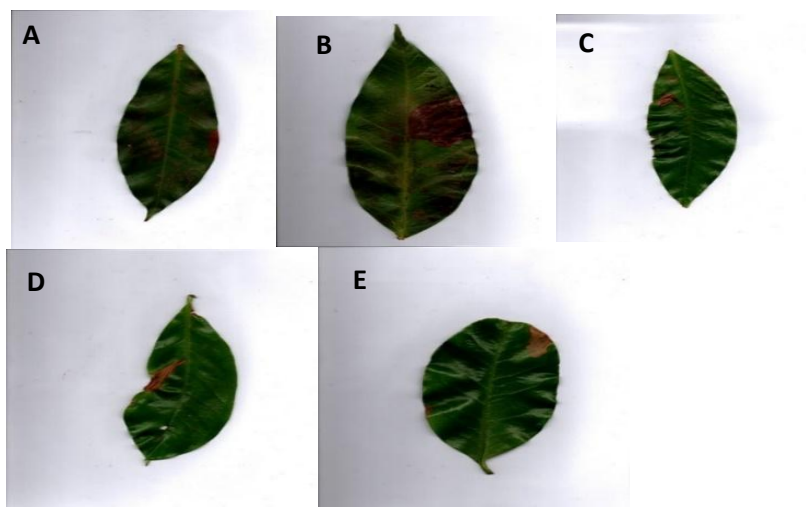
diferentes áreas do conhecimento, além de permitir o uso de filtros, visualização de volume e outras operações avançadas de processamento de imagens.

Na figura 02, a severidade da antracnose em árvores de jambo-vermelho demonstra uma distribuição espacial heterogênea da doença na área estudada, indicando que a ocorrência do patógeno não se dá de forma uniforme no ambiente. Observa-se predominância de áreas classificadas com severidade baixa a moderada ( $\leq 3,2\%$  e  $3,2-5,3\%$ ) ao longo de grande parte do território analisado, representadas pelas tonalidades verde e amarelo-claro. Isso sugere que, na maior parte do perímetro urbano avaliado, as condições ambientais e fitossanitárias são relativamente menos favoráveis ao avanço da doença.

Entretanto, são evidenciados focos localizados de maior severidade, especialmente nos limites oeste e sudoeste da área, onde se concentram as classes de severidade elevada ( $5,3-7,5\%$ ) e muito alta ( $>7,5\%$ ), representadas pelas cores laranja e vermelho. Esses agrupamentos indicam a existência de pontos críticos de infecção, possivelmente associados a fatores ambientais como maior sombreamento, acúmulo de umidade, alterações microclimáticas locais ou manejo inadequado das plantas presentes nessas áreas.

As fotos contendo diferentes estruturas do fungo da antracnose (*Colletotrichum* sp.), e os sintomas da doença na folha, foram organizadas em uma prancha de fotos conforme figura 03 abaixo:

Figura 03: Amostra 03 de índice de severidade na folha do jambo.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

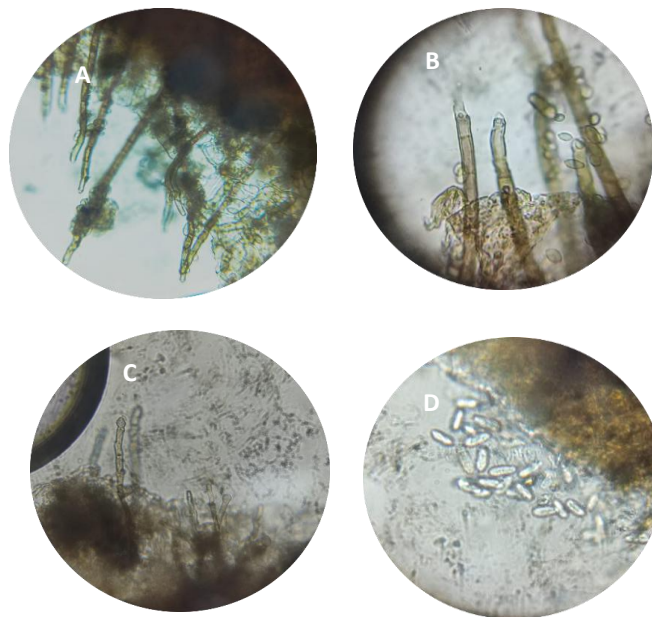
Conforme Sutton (1992), o fungo associado à antracnose foi identificado morfológicamente como pertencente ao gênero *Colletotrichum*, classificado no Reino Fungi, filo Ascomycota, classe Sordariomycetes, ordem *Glomerellales* e família *Glomerellaceae*.

De acordo com DAMM, *et al.*, (2009), as espécies de *Colletotrichum* apresentam, em geral, hifas vegetativas hialinas, lisas, septadas e ramificadas, cujo diâmetro varia entre um e 11  $\mu\text{m}$ , sendo que os clamidósporos são pouco frequentes. Seus conidiomas podem ser acervulares ou ausentes, enquanto conidióforos e cerdas originam-se diretamente das hifas. As cerdas possuem de 40 a 150  $\mu\text{m}$  e exibem coloração que varia de hialina a marrom-escura. Os conídios são hialinos, de parede lisa, não septados, com forma que vai de reta a levemente curva, variando de fusiformes a cilíndricos, medindo entre 8,5–26  $\mu\text{m}$  de comprimento e 3–8  $\mu\text{m}$  de largura. Os ascósporos, produzidos em ascos octosporados presentes nos peritécios, são oblongo-elípticos, retos ou ocasionalmente ligeiramente curvos, com dimensões de 9–43  $\mu\text{m}$  de comprimento (comumente 13–23  $\mu\text{m}$ ) e 3–8  $\mu\text{m}$  de largura.

Em conformidade com Terra *et al.* (1998); Suhag e Grover (1977); Brook (1973); Suhag *et al.* (1977) *apud* Lopes (2009), a antracnose tende a manifestar maior severidade em períodos caracterizados por elevada pluviosidade em condições de campo, a umidade relativa e a chuva exercem influência mais determinante sobre o desenvolvimento da doença do que a própria temperatura, reforçando que o ambiente saturado de água cria condições altamente favoráveis à infecção e progressão do patógeno. A presença de árvores adjacentes com altos níveis de severidade reforça que a dispersão do patógeno possa ocorrer por contiguidade, favorecida por respingos de chuva, ventos ou proximidade entre copas, como amplamente descrito para o gênero *Colletotrichum*. A dinâmica temporal da antracnose, as curvas de progresso associadas às distintas épocas de poda evidenciam que tanto o surgimento inicial dos sintomas quanto a evolução da doença estão intimamente vinculados aos eventos de chuva. Esse comportamento indica a precipitação como o principal mecanismo de dispersão dos esporos. De modo convergente, destacaram que, em condições de campo,

a chuva e a umidade relativa exercem influência mais decisiva sobre o desenvolvimento da doença do que a temperatura, reforçando a preponderância de ambientes úmidos para a intensificação do patógeno. Portanto, a literatura destaca que ambientes úmidos e sombreados intensificam a germinação de conídios e o desenvolvimento de lesões, o que pode justificar a concentração de áreas mais críticas observadas na figura 4.

Figura 04: Antracnose (*Colletotrichum sp.*) em folhas de jambo (*Syzygiu malaccense*). A) Conidióforos septados. B) Conidióforos e hialino/conídios. C) Interação patógeno hospedeiro. D) Conídios e hialinos e unicelulares. Fonte: Imagem de microscopia 40X, Joschua Rangel Campos Gomes, 2026.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

Para Castillo (2020), a intensidade da Antracnose está diretamente relacionada ao nível de suscetibilidade do cultivar, às condições ambientais que favorecem o patógeno, à agressividade das raças presentes na área de cultivo e ao estágio fisiológico em que a planta se encontra.

Além disso, a variabilidade na severidade também pode refletir diferentes estados fisiológicos das plantas, idade foliar, diferenças genéticas entre indivíduos ou ainda níveis distintos de estresse hídrico e nutricional. Esses

fatores são reconhecidamente correlacionados com maior susceptibilidade à antracnose e podem ter influenciado os padrões encontrados.

Sob a perspectiva de Tessmann e Vida (2010), a antracnose tende a manifestar-se com maior frequência e severidade em plantas submetidas a diferentes formas de estresse, incluindo o uso de substratos inadequados na produção de mudas, a exposição constante a ventos, condições de déficit hídrico e práticas de adubação insuficientes ou desequilibradas. Conforme indicado por autores da área, fatores como frio, vento e baixa disponibilidade de água aumentam significativamente a predisposição das plantas à infecção por patógenos foliares, especialmente espécies do gênero *Colletotrichum*.

A figura 02 indica que, embora existam regiões com alta severidade, o cenário geral aponta para uma pressão moderada da doença, permitindo inferir que o patógeno está estabelecido na área urbana do município, porém sua intensidade varia conforme características microambientais e fitossanitárias específicas.

## **CONCLUSÃO**

O presente estudo retomou a investigação sobre a incidência e a severidade da antracnose em árvores de jambo-vermelho na área urbana de Carmo do Rio Verde, buscando compreender a distribuição espacial da doença e identificar padrões associados às condições microambientais do município. Os resultados obtidos demonstraram que o patógeno está estabelecido na arborização urbana, apresentando variação considerável na severidade entre os diferentes setores avaliados, o que confirma a relevância do tema e a pertinência do problema inicialmente proposto.

Diante dos objetivos traçados, verificou-se que todos foram atendidos. Foi possível mapear a distribuição da antracnose por meio de georreferenciamento, quantificar a severidade das lesões foliares com o auxílio do ImageJ e analisar a heterogeneidade espacial. Dessa forma, os achados confirmam que a severidade varia conforme características ambientais específicas, o que corrobora a

hipótese de que fatores como umidade, sombreamento e condições fitossanitárias influenciam diretamente a intensificação da antracnose. Portanto, o estudo alcançou seu propósito ao evidenciar os núcleos críticos de infecção e demonstrar a importância do diagnóstico espacial para o manejo fitossanitário.

Em relação às limitações, destaca-se que o trabalho se restringiu à análise de folhas coletadas em um único período, sem considerar variações sazonais que podem alterar significativamente a dinâmica epidemiológica do patógeno. Além disso, a identificação do fungo foi realizada apenas por caracterização morfológica, não sendo incluídas análises moleculares que poderiam ampliar a precisão taxonômica. Apesar dessas limitações, a pesquisa contribui de maneira relevante ao fornecer dados inéditos sobre a condição fitossanitária do jambo-vermelho no município, além de demonstrar a aplicabilidade de ferramentas geoespaciais e de análise de imagem em estudos de doenças urbanas.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Revista Mirante pela oportunidade de publicação deste artigo e à orientadora, pela relevante contribuição intelectual, pela orientação atenta e pelo apoio indispensável no desenvolvimento deste estudo.

## **REFERÊNCIAS**

CAMILLO, J. **Jambo** {*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M. Perry}. 2016. Disponível em: <https://www.aplantadavez.com.br/2016/01/jambo-syzygium-malaccense-l-merr-lm.html>. Acesso em: 31 out. 2025.

CARVALHO, P. E. R.; GAIAD, S. **Myrtaceae. In: Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Curitiba, PR: Embrapa Florestas, 22 dez. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/especies-arboreas-brasileiras/myrtaceae>. Acesso em: 29 out. 2025.

CASTILLO, Gabriel. **Controle químico da antracnose do sorgo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras – 3RLab, 17 ago. 2016. Disponível em: <https://www.3rlab.com.br/controle-quimico-da-antracnose-do>

sorgo/#:~:text=Al%C3%A9m%20disso%2C%20est%C3%A3o%20associados%20ao%20grau%20de,%C3%A1rea%20e%20pelo%20est%C3%A1dio%20fisiol%C3%B3gico%20da%20planta. Acesso em: 07 dez. 2025.

CHERLINKA, V. **Antracnose: Como reconhecer e controlar a doença. Gerenciamento de Culturas.** 25 març. 2025. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/antracnose/>. Acesso em: 02 nov. 2025.

DAMM, U., Woudenberg, JHC, Cannon, PF e Crous, PW (2009). **Espécies de *Colletotrichum* com conídios curvos de hospedeiros herbáceos.** *Fungal Divers.* 39:45.

DAVIS, J. C. *Statistics and Data Analysis in Geology.* 3. ed. New York: Wiley, 2002.— **Apresenta a formulação e aplicações de métodos de interpolação, incluindo IDW.**

FERREIRA, Yasmmin. **Jambo: quais os benefícios do fruto exótico e como consumi-lo?** Veja Saúde, 29 maio 2024. Disponível em: <https://saude.abril.com.br/alimentacao/jambo-quais-os-beneficios-do-fruto-exotico-e-como-consumi-lo/>. Acesso em 10 outubro 2025.

IDE, Carlos David; MARTELLETO, Luiz Aurélio Peres. **Goiaba: controle de pragas e doenças.** Niterói-RJ: PESAGRO-RIO, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro, dez. 2008. (Informe Técnico, 40). ISSN 0101-3769. Disponível em: <https://frutvasf.univasf.edu.br/wp-content/uploads/2022/06/Fitossanidade-goiabeira.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2025.

LOPES JUNIOR, Antonio. **Modelo de estimativa de ocorrência da antracnose na videira 'Niagara Rosada' baseado em parâmetros microclimáticos.** 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical – Área de Concentração em Gestão de Recursos Agroambientais) – Instituto Agrônomo, Campinas, 2009.

MOTTA, V. **Flor de jambo é destaque por possuir propriedades medicinais.** Portal Amazônia, 4 fev. 2023. Disponível em: <https://portalamazonia.com/saude/flor-de-jambo-e-destaque-por-possuir-propriedades-medicinais/>. Acesso em: 31 out. 2025.

MUNHOZ, Cláudia Leite; FERREIRA, Thales Henrique Barreto; GOMES, Miriam Cristina da Silva. **Caracterização física de frutos de jambo vermelho.** *Agroecol*, 2018.

NASCIMENTO, Pedro César Andrade do; BARBOSA, Neila Mello dos Santos Cortez; AZOUBEL, Patricia Moreira; VASCONCELOS, Margarida Angélica da Silva. **Jambo-vermelho (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L. M. Perry): características botânicas, nutricionais e bioativas – uma revisão.** In: Alimentos e nutrição: promoção da saúde e equipe multiprofissional. v. 2, cap. 14. 04 jul. 2023.

NETO, Vanone Assunção e LIMA, Milton Luíz da Paz. Clínica fitossanitária e Análises Laborais de bioinsumos. **Antracnose (*Colletotrichum sp*) do coco (*Cocos nucifera*).** 2010. Disponível em: <https://fitopatologia1.blogspot.com/2010/10/antracnose-colletotrichum-sp-do-coco.html>. Acesso em: 30 nov. 2025.

OLIVEIRA, Andréia Mara Rotta de; PEREIRA, Sonia Regina de Mello; ANZANELLO Rafael. **Antracnose do caqui: agente causal, sintomas e estratégias de manejo.** Porto Alegre: SEAPDR/DDPA, 2021. 26 p. (Circular: divulgação técnica,9). Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202106/21151233-circular-9-oliveira-versao-final.pdf#:~:text=Dentre%20as%20medidas%20para%20preven%C3%A7%C3%A3o%20da%20doen%C3%A7a,melhor%20arejamento%20e%20insola%C3%A7%C3%A3o%20do%20dossel%20vegetativo>. Acesso em: 02 nov. 2025.

PANTOJA NETO, Lazaro de Lima; NEGÃO, Charles Alberto Brito; SOUZA, Ewerton Carvalho de; SILVA, Antonio dos Santos. **Elaboração e análises físico-químicas e sensorial de doce de jambo vermelho em calda.** *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 7, 2024. ISSN 2178-6925.

PROENÇA, C. E. B.; AMORIM, B. S.; ANTONICELLI, M. C. et al. **Myrtaceae Juss. In: Flora e Funga do Brasil.** Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB171>. Acesso em: 29 out. 2025.

RESENDE, Fabiana Campos. **Análise do uso de aplicativos na determinação de área foliar de diferentes espécies.** 2022. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2022. Disponível em: <https://locus.ufv.br/bitstreams/597bcafd-2691-4cbf-a886-487dfcf2f22a/download>. Acesso em: 13 out. 2025.

SILVA, Carina Melo da; BENCHIMOL, Ruth Linda; VERZIGNASSI, Jaqueline Rosemeire. **Ocorrência de *Colletotrichum sp.* em jambo rosa (*Syzygium jambos* (L.) Alston) na região metropolitana de Belém, PA.** In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 59., 2007, Belém, PA. Resumos... Belém, PA: SBPC, 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/999467/1/SBPC7.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

SUTTON, BC (1992). **"O gênero *Glomerella* e seu anamorfo *Colletotrichum*", em *Colletotrichum: Biologia, Patologia e Controle*.** eds. JA Bailey e MJ Jeger (Wallingford, Reino Unido: CAB International), 1–26.

TESSMANN, Dauri José; VIDA, João Batista. **Antracnose: a principal doença da pupunheira.** Colombo: Embrapa Florestas, Ministério da Agricultura, Pecu-

ária e Abastecimento, 2010. 1.000 exemplares. Disponível em: <https://www.in-foteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/883676/1/Antracnose.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2025.

UENO, Bernardo. **UZUM Pêssego – Sistema especialista para diagnóstico de doenças, pragas e distúrbios fisiológicos em pessegueiros: Antracnose (*Colletotrichum acutatum*; *C. gloeosporioides*)**. Embrapa, [s.d.].

YANO, Inacio Henrique; SPERANZA, Eduardo Antonio; CRUZ, Sérgio Aparecido Braga da; SALVAIA, Fabio Pereira. **Mapping planting failure of sugarcane crop in spaces occupied by weeds from UAV imagery using ImageJ**. In: 18th CONTECSI – International Conference on Information Systems and Technology Management, 13-15 out. 2021, São Paulo, SP. Proceedings and Abstracts. São Paulo: TECSI – FEA USP, 2021. ISSN 2448-1041. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1150270/1/PC-Mapping-planting-CONTECSI-2021.pdf>. Acesso em: 13 out. 2025. DOI: 10.5748/18CONTECSI/COM/AGB/6889.