



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
CAMPUS PETROLINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

TAILANE AMORIM LUZ

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE PLANTAS DE MELÃO
INFECTADAS COM OÍDIO SOB ALTA TEMPERATURA**

PETROLINA

2025

TAILANE AMORIM LUZ

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE PLANTAS DE MELÃO
INFECTADAS COM OÍDIO SOB ALTA TEMPERATURA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade de Pernambuco, para obtenção de título de Mestre. Área de concentração: Mudanças Climáticas.

Orientadora: Profa. Dra. Francislene Angelotti

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Martins Ribeiro Júnior

PETROLINA

2025

L979r Luz, Tailane Amorim.
Respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de melão infectadas com oídio sob alta temperatura / Tailane Amorim Luz. – Petrolina: do autor, 2025.
48 p. : PDF.

Orientadora: Profa. Dra. Francislene Angelotti.
Coorientador: Prof. Dr. Pedro Martins Ribeiro Júnior.
Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade de Pernambuco, *Campus* Petrolina, Petrolina-PE, 2025.

1. Plantas - *Cucumis melo* L. 2. Mudanças climáticas. 3. Fisiologia vegetal. 4. Espécies Radioativas de oxigênio. I. Angelotti, Francislene. II. Ribeiro Júnior, Pedro Martins. III. Universidade de Pernambuco - *Campus* Petrolina - PPGCTA. IV. Título.

CDD 635.611

TAILANE AMORIM LUZ

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE PLANTAS DE MELÃO
INFECTADAS COM OÍDIO SOB ALTA TEMPERATURA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade de Pernambuco, para obtenção de título de Mestre. Área de concentração: Mudanças Climáticas.

Orientadora: Profa. Dra. Francislene Angelotti

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Martins Ribeiro Júnior

Aprovado em: 27/02/2025.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Francislene Angelotti (Orientadora)
Universidade de Pernambuco *Campus* Petrolina (UPE)

Prof. Dr. Hiram Marinho (Membro interno)
Universidade de Pernambuco *Campus* Garanhuns (UPE)

Profa. Dra. Patrícia Gonçalves Castro Cabral (Membro externo)
Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE)

PETROLINA

2025

Aos meus pais, Geraldo (*in memoriam*), cuja vida breve deixou um legado de inspiração e coragem. À minha mãe Tânia, por seu amor e apoio incondicional. À minha irmã Geovana, pela presença e incentivo constante.

Todo esforço é por vocês!

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre estar comigo, me mostrando que tenho força e posso ir além do que imagino. Agradeço por todo cuidado e por me manter firme até mesmo nos momentos de tribulações. “Até aqui o Senhor me ajudou”.

Aos meus pais, Geraldo (*in memoriam*) e Tânia, por sempre me apoiar, me amar e zelar incondicionalmente. Amo vocês!

À minha irmã Geo (Geovana), por sempre estar ao meu lado, me apoiando e incentivando. Você nem imagina o quanto me fortalece o seu abraço. Amo você!

À minha Orientadora, Dra. Francislene Angelotti, carinhosamente conhecida por (Fran), agradeço por ter me acolhido de coração aberto em seu laboratório, por ter me ensinado tanto, sempre com muita paciência, sabedoria e humildade. Sua humanidade e sabedoria me inspiram. Muito obrigada pela oportunidade e confiança de trabalhar nesse projeto.

Ao meu coorientador, Dr. Pedro Martins Ribeiro Júnior, agradeço por todas as orientações.

Aos meus amigos da equipe MudClima: (Lay) Layana, Jadson, Wesley, Camila, Wislainy, Felipe, Jaqueline e seu Galego. Muito obrigada por todo apoio e parceria durante a realização desse trabalho, agradeço também pelas boas gargalhadas e histórias contadas nos momentos de descontração. Vocês foram essenciais, não só para o trabalho, mas para minha vida!

Aos meus amigos do PPGCTA: Alexia, Vitória, Kaio, Vinicius, Bruna, Márcia e Laila. Muito obrigada por toda parceria durante as realizações das atividades e trabalhos do mestrado. Vocês foram essenciais!

Às minhas amigas de graduação: Alexia, Vitória e Vitória Lacerda, que sempre me ajudaram e me apoiaram desde o momento que as conheci. Agradeço pela amizade que construímos, que ela seja verdadeira e duradoura. Amo vocês!

À Embrapa Semiárido, pela infraestrutura para a realização do experimento.

Às pessoas que trabalham na Embrapa Semiárido, que sempre me ajudaram e me alegraram com sorrisos largos.

À UPE, pela oportunidade e ao Programa PPGCTA, é um privilégio e orgulho ter realizado minha graduação e Mestrado nessa instituição.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa.

A todos que, embora não citados, torceram ou contribuíram neste processo, participando dessa conquista.

RESUMO

A temperatura é um elemento determinante na ocorrência de doenças em plantas, podendo aumentar ou reduzir o risco das epidemias. Entre as doenças que afetam os cultivos agrícolas, os oídios são responsáveis por perdas na produção e na qualidade das colheitas. Plantas expostas às condições ambientais adversas desencadeiam mecanismos de defesa para se adaptar e sobreviver aos estresses abióticos e bióticos. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar as respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de melão infectadas por *Oidium sp.* em diferentes regimes de temperatura. O experimento foi conduzido em duas câmaras de crescimento, com regime de temperatura diário de 20-26-33 °C e 24,4-30,4-37,4 °C. O primeiro regime corresponde aos valores de temperatura mínimas, médias e máximas do submédio do Vale do São Francisco, e o segundo, ao aumento de 4,4 °C, baseado no cenário do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Plantas de melão com cinco folhas foram inoculadas com uma suspensão conídios de *Oidium sp.* de 10⁵ conídios/ml, por meio de pulverização, até o ponto de escorrimento. As plantas foram mantidas nas câmaras por 16 dias. Foi avaliado o período latente, a esporulação, a germinação dos esporos e a severidade da doença e as respostas fisiológicas e bioquímicas das plantas. A temperatura do ar influenciou o período de incubação, o período latente, esporulação, a germinação, a severidade do oídio e as respostas fisiológicas e bioquímicas das plantas de melão. O aumento da temperatura reduziu a esporulação dos conídios, consequentemente reduzindo a severidade do oídio do meloeiro. Além disso, as altas temperaturas resultaram em uma diminuição na fotossíntese, condutância estomática e transpiração, além de um aumento na temperatura foliar das plantas e uma maior atividade da enzima antioxidante ascorbato peroxidase (APX). Estudar as respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de melão infectadas com oídio sob alta temperatura fornece dados fundamentais para a elaboração de estratégias de adaptação e manejo da doença, crucial para melhorar a produtividade e a qualidade do cultivo, reduzindo o uso de insumos químicos, contribuindo assim com a segurança alimentar.

Palavras-chave: *Cucumis melo L.*; mudanças climáticas; fisiologia vegetal; EROS.

ABSTRACT

Temperature is a determining factor in the occurrence of diseases in plants, which can increase or reduce the risk of epidemics. Among the diseases that affect agricultural crops, powdery mildew is responsible for losses in production and crop quality. Plants exposed to adverse environmental conditions trigger defense mechanisms to adapt and survive abiotic and biotic stresses. In this context, the present study aimed to evaluate the physiological and biochemical responses of melon plants infected by *Oidium* sp. in different temperature regimes. The experiment was conducted in two growth chambers, with daily temperature regimes of 20-26-33 °C and 24.4-30.4-37.4 °C. The first regime corresponds to the minimum, average and maximum temperature values of the sub-average São Francisco Valley, and the second, to the increase of 4.4 °C, based on the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) scenario. Melon plants with five leaves were inoculated with a conidial suspension of *Oidium* sp. of 10^5 conidia/ml, through spraying, until the point of drainage. The plants were kept in the chambers for 16 days. The latent period, sporulation, spore germination and disease severity and the physiological and biochemical responses of the plants were evaluated. Air temperature influenced the incubation period, latent period, sporulation, germination, powdery mildew severity and the physiological and biochemical responses of melon plants. The increase in temperature reduced the sporulation of conidia, consequently reducing the severity of melon powdery mildew. Furthermore, high temperatures resulted in a decrease in photosynthesis, stomatal conductance and transpiration, in addition to an increase in plant leaf temperature and a greater activity of the antioxidant enzyme ascorbate peroxidase (APX). Studying the physiological and biochemical responses of melon plants infected with powdery mildew under high temperatures provides fundamental data for the development of adaptation and disease management strategies, crucial for improving crop productivity and quality, reducing the use of chemical inputs, thus contributing to food security.

Keywords: *Cucumis melo* L.; climate change; plant physiology; EROS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1. Média de CO ₂ emitida por ano até 2100.....	18
Quadro 2. Projeções de temperatura de acordo com o cenário, em graus Celsius.....	18
Fotografia 3. Plantas de melão em casa de vegetação para manutenção do inóculo de <i>Oidium sp.</i>	22
Fotografia 4. Etapas de severidade de <i>Oidium sp.</i> na folha de meloeiro.....	26
Gráfico 5. Severidade do oídio em diferentes regimes de temperatura.....	26
Gráfico 6. <i>Oidium sp.</i> em plantas de meloeiro sob diferentes regimes de temperatura....	27
Gráfico 7. Teor de clorofila em plantas de meloeiro saudas e inoculadas com <i>Oidium sp.</i>	32
Gráfico 8. Atividade da enzima em plantas de meloeiro inoculadas com <i>Oidium sp.</i> e plantas de meloeiro saudas, sob dois regimes de temperatura.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Principais estados produtores de melão no Brasil.....	15
Tabela 2	Regimes de temperatura diário utilizados durante o experimento em câmaras de crescimento.....	23
Tabela 3	Resumo da análise de variância (ANAVA), pelo quadrado médio (QM), para taxas fisiológicas de plantas de melão inoculadas e sadias, submetidas a dois regimes de temperaturas.....	29
Tabela 4	Efeito da inoculação com <i>Oidium</i> sp. em dois regimes de temperaturas na fotossíntese, condutância estomática, temperatura foliar e transpiração foliar do meloeiro.....	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	PROBLEMA.....	12
1.2	HIPÓTESE.....	12
1.3	OBJETIVOS.....	12
1.3.1	Objetivo geral.....	12
1.3.2	Objetivos específicos.....	13
1.4	JUSTIFICATIVA.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	CULTURA DO MELÃO.....	14
2.1.1	Importância econômica do melão.....	14
2.2	OÍDIO EM MELOEIRO.....	15
2.3	MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DOENÇAS EM PLANTAS.....	17
2.4	MECANISMOS DE DEFESA DAS PLANTAS INFECTADAS POR OÍDIO...	19
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	22
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	26
4.1	SEVERIDADE DO OÍDIO, GERMINAÇÃO E ESPORULAÇÃO DOS CONÍDIO.....	26
4.2	ANÁLISE DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS.....	29
4.3	ANÁLISE DOS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS.....	33
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	37

1 INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo L.*) é uma das oleráceas mais populares do mundo, e apresenta grande importância para economia do país, visto que é uma das culturas de maior crescimento nas exportações de produtos hortícolas (Carmo *et al.*, 2023). No Brasil destaca-se entre as frutas frescas mais exportadas, sendo a região Nordeste, responsável por 95% da produção, com total de 862.387 toneladas produzidas em 2023 (IBGE, 2023) e rendimento de R\$1,1 bilhão de reais com a exportação do fruto em 2023 (COEX, 2023).

Entretanto, assim como outras atividades agrícolas, a produção do meloeiro sofre os efeitos diretos de estresses bióticos e abióticos (Araújo *et al.*, 2021). Dentre os estresses bióticos destaca-se a ocorrência de problemas fitossanitários, como o oídio que causa danos severos às plantas, limitando a produção e a qualidade dos frutos (McGrath *et al.*, 2017; Kaur *et al.*, 2024). Esta doença, causada pelo fungo *Podosphaera xanthii* (Braun, 1995) é favorecida por condições ambientais de umidade relativa em torno de 50% e temperaturas entre 20 e 25 °C (Rabelo, 2017). As plantas infectadas por esse fungo apresentam manchas brancas purulentas cobrindo a área foliar. Com o avanço da doença as folhas ficam amareladas, marrons e com necroses que reduzem a eficiência fotossintética, comprometendo a estrutura foliar e, conseqüentemente diminuição do rendimento (Tian *et al.*, 2024). Além disso, estresses abióticos, como o aumento da temperatura e umidade relativa do ar afetam negativamente o crescimento e a produtividade do melão (Nguyen *et al.*, 2024) e podem modificar o risco de ocorrência de problemas fitossanitários no meloeiro, como o oídio (Araújo *et al.*, 2021).

A temperatura é um elemento determinante na ocorrência de doenças em plantas, podendo aumentar ou diminuir a sua severidade, atuando em diferentes fases de desenvolvimento do patógeno (Bettioli *et al.*, 2017; Debela e Tola, 2018; Angelotti *et al.*, 2017). Para o oídio do meloeiro, estudos em condições controladas indicaram uma redução na favorabilidade da doença frente aos cenários de aumento de temperatura (Araújo *et al.*, 2021). No entanto, a ausência de cultivares tolerantes à doença e de informações sobre os possíveis mecanismos de adaptação, tanto da planta, como do patógeno surge como uma oportunidade para o aprofundamento de estudos que investiguem sobre os mecanismos de defesa das plantas de meloeiro ao oídio, frente ao aumento da temperatura do ar.

Ao mesmo tempo que a temperatura afeta o patógeno, o estresse térmico pode causar danos às plantas diminuindo a sua atividade fotossintética, a condutância estomática, a

transpiração e alterando o conteúdo de clorofila (Kaur *et al.*, 2024). Estas alterações podem aumentar a suscetibilidade da planta e alterar os mecanismos de defesa fisiológicos que tem início a partir do fechamento estomático. (Akbar *et al.*, 2023). Outra linha de defesa está relacionada com a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs). As EROs são um produto comum do metabolismo de plantas, porém, em situações de estresse as plantas aumentam a produção dessas substâncias no metabolismo celular (Medrano-Macías *et al.*, 2022). Como uma segunda linha de defesa a planta ativa mecanismos bioquímicos na remoção das EROs, por meio da produção das enzimas antioxidantes, como a catalase (CAT) e peroxidase do ascorbato (APX) (Barbosa *et al.*, 2014). Desta maneira, o estresse térmico pode ativar vias de sinalização que levam à produção de compostos de defesa local e sistêmica da planta para a adaptação ao estresse e que podem atuar também contra o patógeno, afetando o seu desenvolvimento (Shittu *et al.*, 2019), podendo retardar ou evitar a entrada do patógeno em seus tecidos (Jones *et al.*, 2016).

1.1 PROBLEMA

A ausência de cultivares tolerantes à doença e de informações sobre os possíveis mecanismos de adaptação, tanto da planta como do patógeno, surge como uma oportunidade para o aprofundamento de estudos que investiguem os mecanismos de defesa das plantas de meloeiro ao oídio, frente ao aumento da temperatura do ar.

1.2 HIPÓTESE

Hipotetiza-se que o aumento da temperatura do ar induz as plantas de meloeiro a respostas fisiológicas e bioquímicas para a redução da severidade da doença.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar as respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de melão infectadas por *Oidium sp.* em diferentes regimes de temperaturas.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Quantificar a esporulação do oídio em plantas de meloeiro sob diferentes regimes de temperatura;
- b) Avaliar o efeito de regimes de temperatura na incidência e severidade do oídio em meloeiro;
- c) Determinar a resposta fotossintética de plantas de melão frente ao aumento de temperatura e da infecção de *Oidium sp.*;
- d) Determinar a resposta bioquímica das enzimas CAT e APX de plantas de melão frente ao aumento de temperatura e da infecção de *Oidium sp.*

1.4 JUSTIFICATIVA

Compreender as respostas fisiológicas e bioquímicas das plantas de melão frente aos estresses abióticos e bióticos é fundamental para a pesquisa e contribuirá para o desenvolvimento de estratégias de manejo diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CULTURA DO MELÃO

O meloeiro (*Cucumis melo L.*) pertence à família Cucurbitaceae, também composta por abóboras (*Cucurbita spp.*), pepinos (*Cucumis sativus L.*) e melancias (*Citrullus lanatus* (Thumb)) (Pitrat *et al.*, 2000).

Acredita-se que o melão se originou no leste tropical da África, ao sul do Sahara (Whitake e Bemis, 1976). Sua domesticação teria ocorrido há milhares de anos, sendo as primeiras cultivares relatadas no Sudão (Mohamed e Yousif, 2004). Embora tenha se originado no continente africano, antigos relatos remetem à presença de melões em regiões do continente asiático, principalmente na Índia e China, o que pode indicar que essa cucurbitácea tenha sido domesticada em diferentes regiões no mundo. Há relatos de cultivos de meloeiros há pelo menos 3.000 anos em campos chineses (Walters, 1989; Pitrat, 2013).

O melão chegou ao Brasil pela região sul, expandindo-se em seguida para a região sudeste (Costa *et al.*, 2008). Acredita-se que a partir da década de 80, o cultivo do melão expandiu-se para a região nordeste do país, estabelecendo-se com rapidez em função das altas temperaturas e da baixa umidade, características favoráveis para a produção de melões.

2.1.1 Importância econômica do melão

O melão é uma fruta com grande popularidade e muito apreciada em todo o mundo. Está entre as frutas frescas mais exportadas pelo Brasil, tendo um rendimento de R\$1,1 bilhão de reais com a exportação do fruto em 2023, segundo o Comitê Executivo de Fruticultura do Rio Grande do Norte (COEX, 2023). De acordo com o IBGE a produção brasileira, no ano de 2023, foi de 862.387 toneladas de frutos, em uma área de 30.535 hectares, com produtividade média de 28,24 kg por hectare.

Os estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Pernambuco e Bahia destacam-se como os principais produtores nacionais de melão, responsáveis por 95% da produção nacional, sendo o Rio Grande do Norte o maior produtor (Tabela 1).

Do ponto de vista socioeconômico, o cultivo do melão é capaz de gerar empregos e renda para as regiões produtoras, uma vez que requer mão de obra para diversas etapas do

sistema de cultivo, principalmente na época da colheita, que é realizada manualmente (Adegoroye *et al.*, 2023).

Tabela 1. Principais estados produtores de melão no Brasil

Estados	Área (ha)	Produção (t)	Produção (t)
Rio Grande do Norte	19.889	Produtividade (t/ha)	Produtividade (t/ha)
Ceará	2.155	604.566	604.566
Bahia	3.770	30,47	30,47
Pernambuco	1.885	65.887	65.887
Piauí	1.043	30,57	30,57
Total	28,74	85.341	85.341

Fonte: IBGE (2023)

2.2 OÍDIO EM MELOEIRO

As doenças encontradas em cultivos de meloeiro são provenientes de agentes patogênicos, como fungos, bactérias, vírus e nematoides (Viana *et al.*, 2001). Entre as doenças causadas por fungo, destaca-se o oídio, causando danos severos às plantas, como a redução no crescimento, deformação do limbo foliar, necrose e queda das folhas. Como consequência há uma redução na qualidade dos frutos e na produção (Viana *et al.*, 2001; Grigoletti *et al.*, 2005). As plantas severamente atacadas por oídio apresentam folhas marrons e ressecadas e quando tem suas superfícies foliares cobertas pelo fungo ocorre à desfolha precoce com impacto direto na produção, devido à redução na produção de açúcares (Kuzuya *et al.*, 2006).

Além disso, as plantas afetadas por essa doença perdem o vigor devido à redução fotossintética, ocasionando redução na produção de fotoassimilados; aumento da respiração e transpiração e, conseqüentemente, implicando na redução da qualidade dos frutos, devido ao amadurecimento prematuro, a deformação, queimaduras na casca e redução do brix, representando uma ameaça econômica (Santos *et al.*, 2005; Viana *et al.*, 2001). A gravidade dos sintomas pode ser, em parte, atribuída à diversidade dos agentes causais envolvidos. Segundo Reifschneider, Boiteux e Occhiena (1985) são conhecidos seis diferentes agentes causais da doença. Os fungos *Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht) Pollacci e *Erysiphe cichoracearum* DC. Ex Mérat foram reclassificados como *Podosphaera xanthii* e *Golovinomyces cichoracearum*, respectivamente, sendo os agentes causais de oídio de maior relevância (Kuzuya *et al.*, 2006). O patógeno *P. xanthii* ocorre com maior frequência em regiões de clima tropical e subtropical, enquanto, *G. cichoracearum* é mais observado em

regiões de clima temperado (Cohen *et al.*, 2004; Naruzawa *et al.*, 2011). No Brasil, só havia relatos do oídio *P. xanthii* (Reis e Buso, 2004; Kurozawa *et al.*, 2005); no entanto, estudos de Aguiar *et al.* (2012) detectaram a presença do oídio *G. cichoracearum* em cultivos protegidos no estado do Paraná.

O oídio do meloeiro é um fungo biotrófico, que depende do hospedeiro vivo para seu desenvolvimento, crescimento, reprodução e sobrevivência. O fungo cresce sobre a superfície das plantas hospedeiras, extraíndo os nutrientes das células por meio dos haustórios (Stadnik, 2000; Reis *et al.*, 2005).

O oídio ocorre em cucurbitáceas em todo o mundo, com maior frequência em regiões de clima tropical e subtropical, tanto em cultivares de campo quanto em cultivos protegidos, sendo considerada uma das doenças foliares mais destrutivas (Naruzawa *et al.*, 2011). Todas as partes da planta podem ser infectadas por esse fungo, com exceção das raízes. As folhas e os caules são os órgãos mais afetados pelo oídio (Bettioli, 2004).

O ciclo completo da doença é rápido, entre três a sete dias, produzindo uma grande quantidade de conídios (Reis, 2007). Os sintomas visíveis são a partir do surgimento de um mofo branco pulverulento, formado por micélio, conidióforos e conídios do fungo (Bedendo, 2011). Geralmente, os primeiros sintomas se desenvolvem nas folhas mais velhas ou nas folhas sombreadas, na parte abaxial; com o crescimento e a união das colônias há evolução para uma coloração mais acinzentada e um aumento na área atingida até o secamento total da folha (Brunelli *et al.*, 2008).

Esse quadro sintomatológico é agravado pela presença de raças fisiológicas dos patógenos, que são capazes de atacar determinadas espécies de plantas e variedades de uma mesma espécie vegetal, promovem uma alta especificidade na relação entre patógeno-hospedeiro (Bedendo, 2011). São conhecidas 46 raças fisiológicas de *P. xanthii* que afetam a cultura do melão (McCreight *et al.*, 2012) sendo as raças 1 e 2 as mais disseminadas pelo mundo e as mais relatadas no Brasil (Rabelo, 2017).

O fungo possui faixa de temperatura para a germinação conidial entre 20 °C e 30 °C, sendo 25 °C descrito como a temperatura ótima, temperaturas acima de 28 °C ou inferior a 1 °C danificam irreversivelmente os conídios (Nagy, 1976). Após a germinação bem-sucedida, a infecção e o desenvolvimento do patógeno em *Cucumis melo* ocorrem dentro da faixa de temperatura entre 20 e 33 °C. A umidade relativa acima de 50% favorece a infecção e a sobrevivência dos conídios, porém a colonização, a esporulação e a dispersão são favorecidas

em ambientes secos, com umidade relativa abaixo de 50% (Viana *et al.*, 2001) e intensidade de luz reduzida (Rabelo, 2017).

Os conídios são dispersos facilmente pelo vento. Chuvas pesadas não favorecem ao fungo, pois escoam os conídios para o solo, danificando a planta fisicamente e consequentemente os conídios e os micélios (Pérez-García *et al.*, 2009).

O sombreamento das plantas é um fator que geralmente acelera o desenvolvimento do oídio e aumenta a severidade da doença, com a presença de sombra favorecendo o avanço da infecção (Viana *et al.*, 2001). Esse efeito pode ser explicado por fatores ambientais, como a redução da temperatura e o aumento da umidade relativa nas áreas sombreadas, que criam condições mais favoráveis para o crescimento do fungo causador do oídio (Bettiol *et al.*, 2001). Além disso, o ambiente protegido das casas de vegetação contribui para uma maior severidade da doença, em comparação ao campo. Isso se deve à circulação de ar limitada, à intensidade de luz reduzida, ao cultivo contínuo e às temperaturas elevadas, frequentemente superiores a 25 °C (Rabelo, 2017).

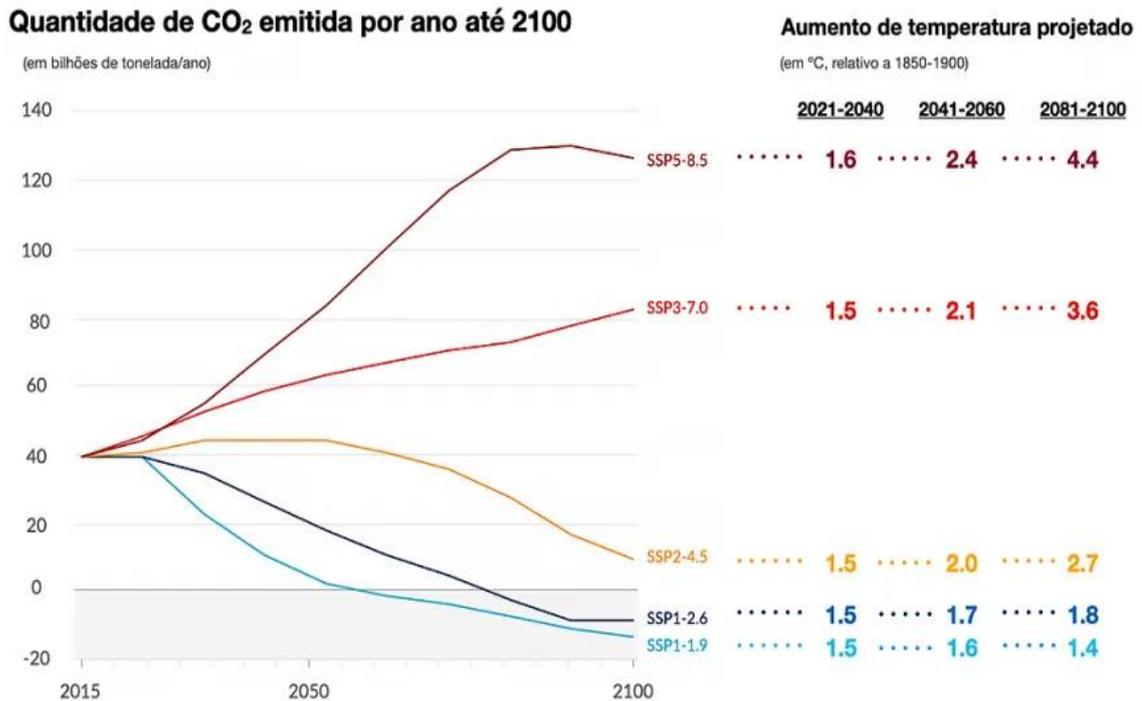
O controle do oídio mais empregado é o controle químico, utilizando-se do uso de fungicidas tanto de contato, quanto sistêmicos (Barbosa *et al.*, 2010). Todavia, a eficiência do controle químico de oídio tem diminuído consideravelmente, uma vez que o patógeno possui alto potencial adaptativo, por meio do desenvolvimento de resistência aos principais fungicidas. Além disso, a dependência exclusiva de fungicidas sintéticos pode levar a problemas de resistência. A integração de estratégias de biocontrole e tratamentos alternativos pode fornecer uma abordagem mais sustentável para o manejo do oídio a longo prazo (Kumhar, 2023). O controle biológico para oídio consiste na utilização de produtos alternativos, sendo essa uma alternativa para o controle dos patógenos (Bettiol, 2003; Cruz e Valicente, 2015). Embora o controle biológico apresente uma alternativa viável aos fungicidas químicos, a adoção desse método permanece baixa devido aos desafios de implementação e conscientização para que os agricultores adotem essas práticas sustentáveis (Mourad *et al.*, 2024). Outro método de controle empregado é o uso de cultivares com tolerância que se consolida como o método de controle mais eficaz (McGrath, 1996).

2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DOENÇAS EM PLANTAS

A mudança climática refere-se às alterações do clima que persistem ao longo do tempo (IPCC, 2021). Esse fenômeno pode ter origem a partir da variabilidade natural ou antrópica

(Isídio, 2013). De acordo com o IPCC (2021) a concentração dos gases do efeito estufa tem aumentado entre 1850 e 2019 (Gráfico 1). As atividades antropogênicas emitiram à atmosfera 2.390 bilhões de toneladas de dióxido de carbono. Como consequência deste aumento a temperatura média da atmosfera elevou em torno de 1,1 °C (IPCC, 2021).

Gráfico 1. Média de CO₂ emitida por ano até 2100



Fonte: IPCC (2021)

Quadro 2. Projeções de temperatura de acordo com o cenário, em graus Celsius

Cenário	Curto prazo (2021-2040)		Médio prazo (2041-2060)		Longo prazo (2081-2100)	
	Estimativa central	Variação muito provável	Estimativa central	Variação muito provável	Estimativa central	Variação muito provável
SSP1-1.9	1,5	1,2 a 1,7	1,6	1,2 a 2	1,4	1 a 1,8
SSP1-2.6	1,5	1,2 a 1,8	1,7	1,3 a 2,2	1,8	1,3 a 2,4
SSP2-4.5	1,5	1,2 a 1,8	2	1,6 a 2,5	2,7	2,1 a 3,5
SSP3-7	1,5	1,2 a 1,8	2,1	1,7 a 2,6	3,6	2,8 a 4,6
SSP5-8.5	1,6	1,3 a 1,9	2,4	1,9 a 3	4,4	3,3 a 5,7

Fonte: IPCC AR6 WGI I Jornal da USP (adaptado da versão original em inglês)

Os cenários de mudanças climáticas apontam para um aumento na temperatura média do planeta de 1,4 °C (otimista) e 5,7 °C (pessimista), respectivamente, até 2100 (IPCC, 2021) (Quadro 3).

Essas mudanças podem impactar a ocorrência de problemas fitossanitários, aumentando ou diminuindo a severidade de doenças de plantas (Nazir *et al.*, 2018). Uma vez que as alterações no clima podem influenciar a interação entre ambiente, hospedeiro e patógeno, que compõem o triângulo da doença (Bettiol *et al.*, 2017). De maneira que as mudanças climáticas podem modificar a distribuição geográfica e temporal dos patógenos, alterando o progresso das epidemias nas diferentes regiões (Bettiol *et al.*, 2017).

O aumento de temperatura pode afetar tanto o crescimento e o desenvolvimento do hospedeiro quanto o ciclo de vida do patógeno (Debela & Tola, 2018; Ziska *et al.*, 2018). De acordo com Gava *et al.* (2004), a temperatura é um dos elementos ambientais mais importantes para o desenvolvimento de oídios.

O ciclo do oídio inicia-se quando o esporo é depositado em uma planta sadia, por meio de agentes disseminadores como o vento e respingos de chuva. Em seguida, se houver condições climáticas favoráveis inicia-se a germinação após a penetração e colonização da planta hospedeira (Angelotti, 2009). Segundo a autora, as condições de temperatura e umidade exercem efeito durante todo o ciclo do patógeno. Se as condições de temperatura e umidade forem desfavoráveis à infecção, o período de penetração, crescimento e reprodução do patógeno pode ser estendido. Entretanto, uma vez que as condições se tornem favoráveis, a visualização dos sintomas caracterizados pelo crescimento da lesão como manchas brancas pulverulentas nas folhas, ocorrerá a reprodução do microrganismo por meio de esporulação que servirá como nova fonte de inóculo (Angelotti, 2009).

Araújo *et al.*, (2021) avaliaram os níveis de infecção e germinação do oídio (*Podosphaera xanthii*) em variedades de melão, encontraram que temperaturas acima de 30 °C foram desfavoráveis para a infecção e temperatura abaixo de 15 °C desfavoráveis para a germinação.

2.4 MECANISMOS DE DEFESA DAS PLANTAS INFECTADAS POR OÍDIO

Os mecanismos desencadeiam reações de defesa em níveis moleculares e celulares, que por sua vez, ativa os mecanismos fisiológicos e bioquímicos (Nejat e Mantri, 2017; Saijo

e Loo, 2020). As plantas apresentam mecanismos de resposta aos diversos tipos de estresses, podendo eles serem bióticos, por meio do ataque de fitopatógenos, por exemplo, ou abióticos como os estresses ambientais (Nejat *et al.*, 2015). O processo de resistência ao patógeno é iniciado nas proximidades da área infectada, impedindo ou retardando o avanço do fitopatógeno no tecido do hospedeiro e restringindo suas fontes de nutrientes, por conseguinte levando à morte do mesmo. Plantas com alta capacidade de reconhecimento ao patógeno respondem de forma mais rápida à invasão, desencadeando uma ou mais reações de defesa (Ryan, 2000).

Como uma das primeiras reações de defesa das plantas é a ativação de mecanismos fisiológicos que promovem o fechamento dos estômatos. Isso resulta em uma diminuição nos níveis de clorofila, na taxa de fotossíntese e na transpiração. A redução da fotossíntese ocorre devido à diminuição da condutância estomática, que é causada pelo fechamento dos estômatos, um processo que pode ser induzido pelo ácido abscísico (ABA), um hormônio relacionado ao estresse. Estudo realizado por Saja *et al.* (2020) revelou que plantas de cevada infectadas com oídio, limita a difusão de CO₂, reduzindo a fotossíntese, afetando indiretamente o ajuste osmótico devido à diminuição dos produtos fotossintéticos.

De acordo com Noctor *et al.*, (2014) estresses abióticos e bióticos limitam a disponibilidade de CO₂ pelo fechamento estomático e promovem a fotorrespiração, com produção de espécies reativas de oxigênio (EROs). Essas espécies são formas de oxigênio muito reativas que podem oxidar componentes celulares e reduzir a produtividade dos vegetais (Thorpe *et al.*, 2013). A sinalização e eliminação de EROs por meio de processos antioxidantes enzimáticos representam um meio de defesa contra danos causados por estresses, como altas temperaturas, ataque de patógenos, dentre outros (Cheah, 2017). Altas concentrações de EROs nas células durante o estresse, ativam as rotas de resposta ao estresse, que promovem mecanismos de aclimação, neutralizando os danos de estresses abióticos recebidos (Taiz, 2017). A produção adicional de EROs nas células vegetais altera a taxa de sua eliminação pelos sistemas antioxidantes (Halliwell, 2006). Estresse como as altas temperaturas, favorecem a superprodução de EROs, ocasionando um estresse oxidativo com consequente prejuízo no metabolismo celular (Hasanuzzaman, 2013). Essa superprodução estimula os mecanismos de defesa antioxidantes, que são os componentes enzimáticos e não enzimáticos, para controlar a superprodução de EROs (Das e Roychoudhury, 2014).

A percepção após o reconhecimento do estresse desencadeia uma ampla gama de mecanismos de defesa para reprogramação transcricional através de proteínas receptoras,

cascatas de transdução de sinal, cascatas de quinase, espécies reativas de oxigênio, vias de sinalização hormonal, proteínas de choque térmico e fatores de transcrição para proteger as plantas contra diferentes estresses (Devireddy *et al.*, 2021).

Os mecanismos de defesa bioquímicos, minimizam os danos oxidativos causados pelas EROs, através de enzimas antioxidantes, como catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX), essas atuam em sincronia para defender as células vegetais contra o dano oxidativo (Hussain *et al.*, 2018). Sendo a CAT e a APX enzimas antioxidantes que convertem o H_2O_2 em água e oxigênio molecular (Noctor *et al.*, 2014).

A APX e a CAT são enzimas importantes dentre os componentes de detoxificação do H_2O_2 (Bhatt e Tripathi, 2011). A ação da CAT e das peroxidases destaca a diferença básica entre as duas principais rotas metabólicas do H_2O_2 nas células. A remoção de H_2O_2 por peroxidases requer uma pequena molécula redutora (ou proteínas como o citocromo c ou tioredoxina) para agir como um co-fator de regeneração e não leva à evolução de O_2 , porque a água é o produto da reação (Mhamdi *et al.*, 2012).

Dessa forma, as enzimas do sistema antioxidante são sensíveis às condições de estresse ambientais, servindo como sinalizadores do estresse, como também podem indicar que a planta está mais estressada. Assim, o papel das enzimas antioxidantes em situações de estresse é o de controlar a acumulação de EROs e assim limitar os danos oxidativos (Sharma *et al.*, 2012).

Estudo realizado por Fiori (2011) observou que, a infecção por *Colletotrichum gloeosporioides* causou aumento da atividade de enzimas antioxidantes como a APX em seringueira (*Hevea brasiliensis*), indicando que existem mecanismos ativados para defesa frente a EROs geradas pelo fungo. Segundo Lupascu *et al.*, (2023) o aumento da atividade enzimática, especialmente da enzima peroxidase foi observada sob estresse duplo no trigo infectado com *F. oxysporum* e *D. sorokiniana*, onde a peroxidase atuou nas reações defensivas das plantas de trigo, aumentando sua capacidade de combater a podridão radicular causada por esses patógenos Bekturova *et al.*, (2023) demonstraram que plantas de *Nicotiana benthamiana* submetidas a dois estresses combinados (baixa temperatura e infecção por patógeno) apresentaram um aumento no conteúdo de peróxido de hidrogênio e uma redução na atividade da catalase, o estudo também enfatiza que a sinalização da atividade enzimática é crucial para uma defesa eficaz contra estresses abióticos e bióticos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O inóculo inicial de *Oidium sp.* foi obtido a partir de conídios em folhas de meloeiro cultivar Gladial com infecção natural, coletados em campo experimental da Embrapa Semiárido em Petrolina-PE. Para a multiplicação e manutenção do inóculo, mudas sadias foram inoculadas a cada 15 dias e mantidas em casa de vegetação (Fotografia 3). O preparo do inóculo foi realizado com coletas dos conídios das folhas de meloeiro, por meio de raspagem, com auxílio de um pincel de cerdas macias e a suspensão foi quantificada em câmara de Neubauer.

Fotografia 3. Plantas de melão em casa de vegetação para manutenção do inóculo de *Oidium sp.*



Fonte: Elaborada pela própria autora.

O experimento foi iniciado em 20 de maio de 2024 e conduzido em esquema fatorial 2 (tratamento inoculado e não inoculado) x 2 (regimes de temperatura) em câmaras de crescimento do tipo Fitotron (com controle de temperatura, umidade e luz), com cinco repetições. Os regimes de temperatura diária foram de 20-26-33 °C e 24,4-30,4-37,4 °C (Tabela 2). O primeiro regime corresponde aos valores médios da temperatura mínima, média

e máxima da região do submédio do vale São Francisco, que variam de 18 °C a 22 °C, 25 °C a 27 °C e 32 °C a 34 °C, respectivamente. O regime 2 corresponde ao aumento de 4,4 °C para simulação do cenário do IPCC (2021). Foram avaliadas plantas de melão inoculadas e não inoculadas com *Oidium* sp nos dois regimes de temperatura.

Tabela 2. Regimes de temperatura diário utilizados durante o experimento em câmaras de crescimento.

Regime de Temperatura	Horário/Temperatura (°C)			
	20h às 6h	6h às 10h	10h às 15h	15h às 20h
T1 (20-26-33 °C)	20	26	33	26
T2 (24,4-30,4-37,4 °C)	24,4	30,4	37,4	30,4

Fonte: Elaborada pela própria autora

As sementes de melão da cultivar Gladial foram plantadas em vasos plásticos com capacidade de 500 mL contendo solo não estéril, e permaneceram em câmaras de crescimento até a inoculação. Aos 15 dias após a germinação as plantas foram inoculadas com uma suspensão de 10^5 conídios/ml de água destilada em Tween 20 a 0,01%, por meio de pulverização na face superior e abaxial das folhas, até o ponto de escorrimento (Fotografia 4A). Após a inoculação as plantas permaneceram nas câmaras de crescimento, por 16 dias para avaliação diária da porcentagem da área foliar doente, com os intervalos de 0, 1, 5, 12, 25, 50, 75 e 100%, utilizando a escala diagramática desenvolvida por Buffara et al. (2014). Os valores de severidade foram utilizados para o cálculo da área abaixo da curva de progresso da severidade da doença (AACPSD), obtida pela equação $\sum (y_i + y_{i+1}) / 2 \times dt_i$, onde, $y_i + y_{i+1}$ são os valores observados em duas avaliações consecutivas e o dt_i , o intervalo entre as avaliações (Shaner e Finney, 1977).

Foi avaliado o período de incubação, determinado pelo número de dias entre a inoculação e o aparecimento dos primeiros sintomas da doença. O delineamento experimental foi inteiramente o casualizado, sendo dois regimes de temperatura, dois tratamentos (Inoculada x Controle) com cinco plantas, onde foram avaliadas cinco folhas.

Aos 15 dias após a inoculação foi avaliado o número de lesões, a germinação dos conídios e a esporulação. O número de lesões foi avaliado por meio da contagem das lesões diretamente nas folhas. A germinação foi avaliada em placas de Petri contendo o meio ágar-água (2%) com sulfato de estreptomicina (0,2 g/L). Fragmentos de folhas de 1 cm contendo lesões foram cortados com bisturi e carimbados nas placas de Petri. Posteriormente as placas foram mantidas durante 72h nas câmaras de crescimento com os regimes de temperatura descritos acima. Para germinação foram utilizadas 10 repetições, sendo cada repetição representada por uma placa de Petri. Foram avaliados 100 conídios por repetição, visualizados aleatoriamente, em microscópio óptico (400 X). Considerou-se como germinados, os conídios que apresentavam tubo germinativo maior, ou igual, a sua menor dimensão.

Para avaliar a esporulação, os fragmentos de folhas de 1 cm contendo lesões foram cortados com bisturi e transferidos para tubos falcon contendo 1mL de Tween 20 a 0,01%, agitados em Vórtex por 60 segundos, em seguida contabilizado o número de conídios/mL utilizando câmara de Neubauer. Foram utilizadas 10 repetições, sendo cada repetição representada por um tubo falcon.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas entre si teste de Scott-Knott, utilizando o software Sisvar 5.8.

Para as avaliações de trocas gasosas, folhas sadias e infectadas foram avaliadas utilizando um analisador de gases a infravermelho portátil (Infra-red Gas Analyzer – IRGA) modelo Li 6400 XT (LI-COR) utilizando luz artificial fixada em 2500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A avaliação foi realizada cinco dias após a inoculação, às 09:00 horas da manhã. Foi determinada a fotossíntese líquida (A), a condutância estomática (g_s), a taxa de transpiração (E), e temperatura foliar (T_f). A avaliação do teor de clorofila das folhas foi determinada por meio do medidor eletrônico ClorofiLOG CFL 1030 (FALKER). Para realização das leituras, foram avaliadas folhas com coloração verde e totalmente expandida.

As avaliações bioquímicas foram realizadas a partir das amostras foliares coletadas às 09:00 horas em 1, 2, 4, 8 e 16 dias após o aparecimento do *Oidium* sp. As folhas coletadas foram envolvidas em papel alumínio, identificadas e mergulhadas em nitrogênio líquido. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em ultra-freezer ($-80\text{ }^\circ\text{C}$) até o preparo do material para as análises enzimáticas.

Para a realização de análises bioquímicas, 1g das folhas foram macerados em nitrogênio líquido, com auxílio de almofariz e pistilo e adicionado um tampão fosfato de potássio 100mM pH 7,0 (3 mL de tampão para cada grama de amostra). Posteriormente,

suspensão foi depositada em microtubo de 3 mL e centrifugada a 12.000g por 15 minutos (4 °C) e o sobrenadante foi utilizado como fonte enzimática. As proteínas solúveis totais contidas nos extratos foram aferidas com base no ensaio de Bradford (1986), utilizando-se um padrão de albumina sérica bovina (BSA) a 595 nm.

A atividade da catalase (CAT) foi determinada seguindo a decomposição do H_2O_2 por 60 segundos, através das leituras espectrofotométricas a 240 nm, a temperatura de 25 °C, conforme método descrito por Havir *et al.*, (1987). Já a atividade da ascorbato peroxidase (APX) foi determinada conforme descrito por Nakano e Asada (1981), através do monitoramento da taxa de oxidação do ascorbato utilizando espectrofotômetro com comprimento de onda a 290 nm, a 25 °C, durante 60 segundos.

Os dados da fisiologia e bioquímica foram submetidos à análise de variância, e as medidas comparadas entre si pelo teste de Tukey, utilizando o software Sisvar 5.8 (Ferreira, 2019).

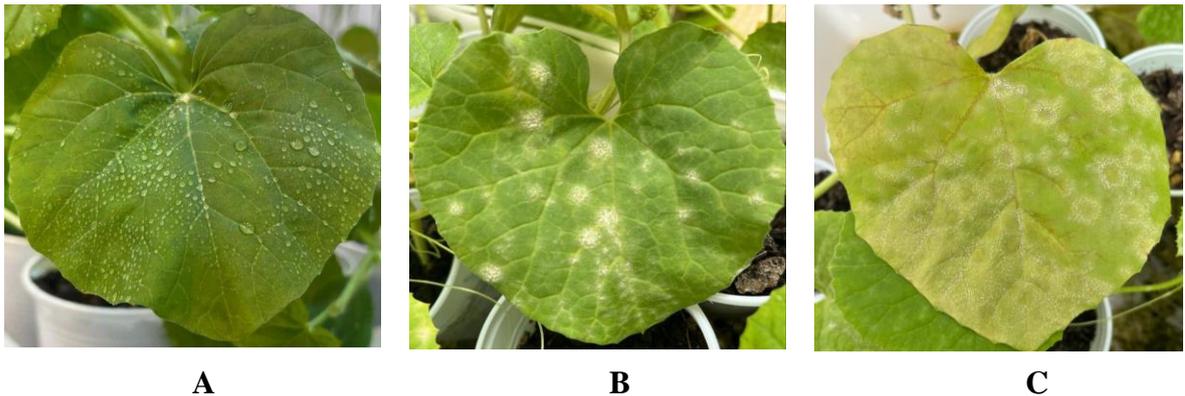
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 SEVERIDADE DO OÍDIO, GERMINAÇÃO E ESPORULAÇÃO DOS CONÍDIO

A temperatura diária, representada neste estudo pelos regimes de 20-26-33 °C e 24,4-30,4-37,4 °C, apresentou efeito significativo sobre a severidade do oídio em plantas de meloeiro.

O período de incubação da doença teve início três e cinco dias após a inoculação, nos regimes de temperatura de 20-26-33 °C e 24,4-30,4-37,4 °C, respectivamente. Em plantas mantidas em regime de temperatura de 20-26-33 °C, as folhas de melão apresentaram 100% da área foliar doente (Fotografia 4C e Gráfico 5A). No regime de 24,4-30,4-37,4 °C o nível de severidade foi inferior a 50 %.

Fotografia 4. Etapas de severidade de *Oidium* sp. na folha de meloeiro.



A

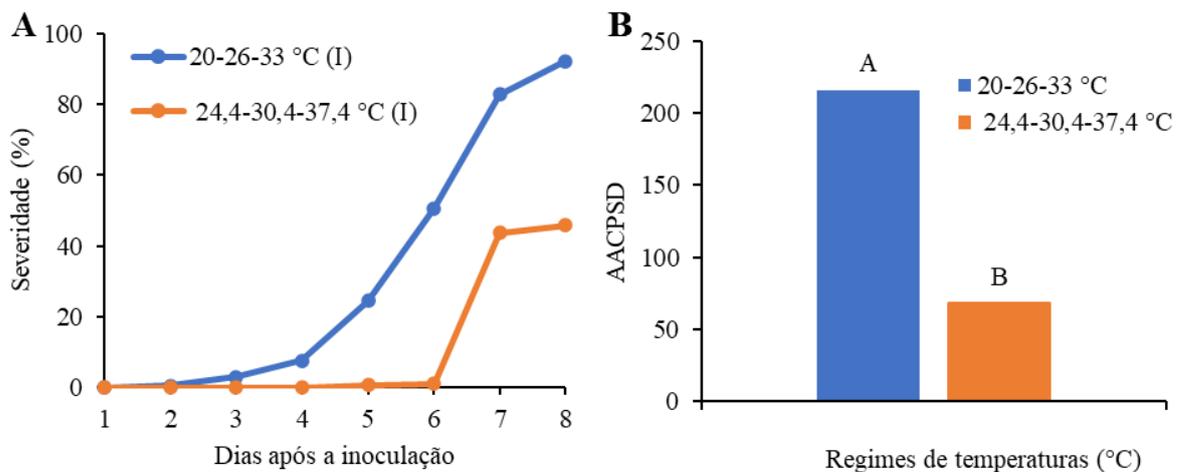
B

C

Fonte: Elaborada pela própria autora

Legenda: **A** = Inoculada / **B** = Com sintomas iniciais / **C** = severo

Gráfico 5. Severidade do oídio em diferentes regimes de temperatura



Fonte: Elaborada pela própria autora.

Legenda: **A**= Curva de progresso da severidade do oídio / **B**= Área abaixo da curva de progresso da severidade da doença (AACPSD) em plantas de melão mantidas sob dois regimes de temperatura (20-26-33 °C e 24,4-30,4-37,4 °C).

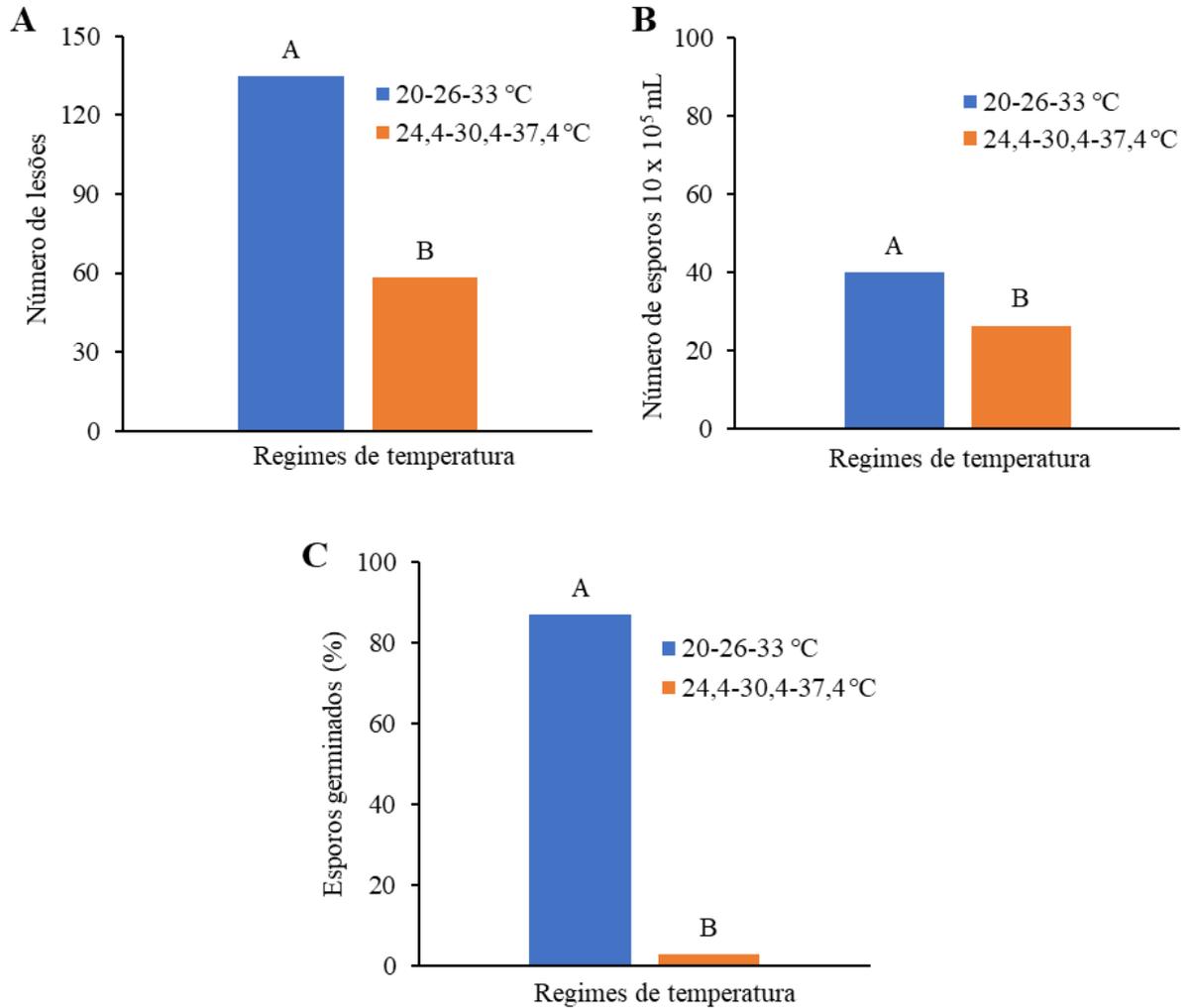
Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre si, pelo teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade.

As plantas mantidas sob o regime de temperatura 24,4-30,4-37,4 °C apresentaram menores valores da AACPSD, correspondendo a 45% da área foliar doente. Já as plantas mantidas sob o regime de temperatura 20-26-33 °C apresentaram maior AACPSD (216), com valores de severidade da doença de 100 % (Gráfico 5A e 5B).

As plantas de meloeiro inoculadas com *Oidium sp.* sob o regime de temperatura 24,4-30,4-37,4 °C apresentaram uma redução expressiva no número de lesões causadas pelo patógeno no hospedeiro (Gráfico 6A). Neste regime de temperatura o número de conídios produzidos também foi menor (Gráfico 6B). Além disso, a germinação dos conídios do *Oidium sp.* reduziu significativamente com aumento de 4,4 °C (Gráfico 6C).

Gráfico 6. *Oidium sp.* em plantas de meloeiro sob diferentes regimes de temperatura.

Fonte: Elaborada pela própria autora



Legenda: **A**= Número de lesões / **B**= Esporulação de conídios / **C**= Germinação de conídios de *Oidium sp.* em plantas de meloeiro sob diferentes regimes de temperatura.

Nota: Letras maiúsculas diferentes entre as colunas representam diferença estatística ($p > 0,05$) teste de Scott-Knott.

O aumento da temperatura influenciou as diversas fases do ciclo de infecção do *Oidium sp.* em meloeiro, incluindo germinação, infecção, esporulação e desenvolvimento da doença. O aumento de 4,4 °C resultou na diminuição da severidade da doença, com redução no número de lesões causadas pelo patógeno e no número de esporos produzidos. Além disso, foi evidenciado por meio do teste de germinação que a viabilidade dos conídios foi significativamente menor no regime de temperatura de 24,4-30,4-37,4 °C.

A temperatura é um elemento determinante e interfere nas epidemias de oídio em diversos cultivos (Lopes, 2021; Martins *et al.*, 2020; Ruiz, 2019; Araújo *et al.*, 2021). Este

estudo comprovou que o aumento de 4,4 °C de temperatura resultou na diminuição da severidade da doença, com redução na severidade da doença. Entretanto, em um cenário de mudança do clima esta doença continuará sendo importante pois no Brasil não temos cultivares de meloeiro tolerantes ao patógeno (Araújo et al., 2021). Além disso, a severidade da doença em plantas mantidas sob temperatura máxima diária de 37,4 °C foi de 45%. Entretanto, a partir deste resultado podemos rever algumas práticas de manejo, como a aplicação de fungicidas, com uma possível redução no número da aplicação de fungicidas.

Um diferencial deste trabalho foi a simulação de temperatura diária. Assim, no regime de temperatura de 20-26-33 °C, o horário de 10 horas da manhã até às 15 horas no período da tarde a temperatura foi de 33 °C. Geralmente, os estudos em condições controladas trabalham com temperaturas fixas e apontam que a ocorrência do oídio é maior em temperaturas entre 20 e 25 °C (Lopes, 2021; Martins et al., 2020; Ruiz, 2019). Entretanto, no ambiente natural a temperatura varia ao longo do dia, e a ocorrência da doença acontece mesmo em dias com temperaturas acima de 30 °C. Verificamos que a flutuação entre temperatura mínima de 20°C e máxima de 33 °C favorece a ocorrência do oídio em comparação com a flutuação da temperatura mínima de 24,4 °C e máxima de 37,4 °C, mas que a doença ocorre em proporções menores com aumento de 4,4 °C.

A temperatura do ar está aumentando, de acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC (2021) houve um aumento de 1,1 °C na temperatura média do planeta, no período de 1880 a 2019. Os cientistas alertam para um aumento de 1,4 a 5,7 °C até 2100, caso não sejam tomadas medidas para redução da emissão dos gases de efeito estufa (IPCC, 2021). Assim, estudos sobre o efeito do aumento da temperatura nas diferentes fases do processo de infecção e desenvolvimento dos patógenos causadores de doenças em plantas será estratégico para a adoção de medidas de manejo e para a segurança alimentar, a fim de avaliar como os cenários climáticos causarão impactos nas epidemias de doenças em plantas (Gullino *et al.*, 2022).

O período de incubação e o número de conídios produzidos podem retardar e diminuir a infecção (Trecate *et al.*, 2019), como observado neste estudo onde, nos dias com flutuação de temperatura entre 24,4 °C e máxima de 37,4 °C houve redução da epidemia do oídio. Entretanto, as respostas a longo prazo ainda precisarão ser estudadas, uma vez que tanto o patógeno quanto as plantas podem sofrer pela pressão de seleção, mantendo sua importância ou até mesmo aumentando. O oídio em curcubitáceas, *Podosphaera xanthii*, possui plasticidade genotípica, uma vez que, possui mais de 28 raças fisiológicas (Hong, 2018),

sendo capaz de se desenvolver em ampla faixa de temperatura o que pode contribuir para adaptação e a sobrevivência em ambientes com extremos de temperatura. Além disso, o aumento da temperatura pode estressar a planta hospedeira, potencialmente levando a outras vulnerabilidades, destacando a complexa interação entre temperatura, patógenos e saúde do hospedeiro (Mieslerová *et al.*, 2022).

4.2 ANÁLISE DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS

A temperatura do ar e a presença do *Oidium sp.* no início do período infeccioso da doença, definido como cinco dias nesse estudo, interferiram significativamente na fotossíntese (A), condutância estomática (gs), temperatura foliar (Tf) e transpiração foliar (E) (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância (ANAVA), pelo quadrado médio (QM), para taxas fisiológicas de plantas de melão inoculadas e sadias, submetidas a dois regimes de temperaturas.

Fontes de variação	GL	QM			
		Fotossíntese	Condutância	Transpiração	Temperatura Foliar
Regimes (R)	1	393.82*	0ns	1.55*	0.16*
Tratamento (T)	1	93.96*	0ns	1.71*	0ns
R x T	1	100.37*	0.096*	3.52*	0*
Resíduo	16	1.23	0.006	0.03	0.00
CV (%)		10.18	20.4	22.9	0.08

Fonte: Elaborada pela própria autora

Legenda: GL= Grau de liberdade / CV= Coeficiente de variação / fotossíntese (A), condutância estomática (gs) e transpiração foliar (E) e temperatura foliar (Tf)

Nota: Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de médias de Tukey.

As plantas de meloeiro inoculadas e sadias apresentaram maior atividade fotossintética quando mantidas sob o regime de temperatura 20-26-33 °C (Tabela 4). Em contrapartida, as plantas de meloeiro inoculadas e sadias submetidas ao regime de temperatura de 24,4-30,4-37,4 °C exibiram menor atividade fotossintética (Tabela 4).

Houve aumento da condutância estomática (gs) nas plantas inoculadas em função do aumento da temperatura 24,4-30,4-37,4 °C, assim como as plantas sadias apresentaram maior (gs) no regime de temperatura 20-26-33 °C (Tabela 4).

O aumento de 4,4 °C na temperatura do ar promoveu uma maior transpiração foliar nas plantas de meloeiro inoculadas. No entanto observou-se um aumento expressivo da transpiração foliar em plantas sadias de meloeiro mantidas no regime de 20-26-33 °C (Tabela 4).

As plantas não inoculadas mantidas no regime de temperatura 24,4-30,4-37,4 °C apresentaram maior temperatura foliar (Tf). Entretanto, não foi observada diferença significativa na temperatura foliar das plantas mantidas no regime 20-26-33 °C (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito da inoculação com *Oidium* sp. em dois regimes de temperaturas na fotossíntese, condutância estomática, temperatura foliar e transpiração foliar do meloeiro.

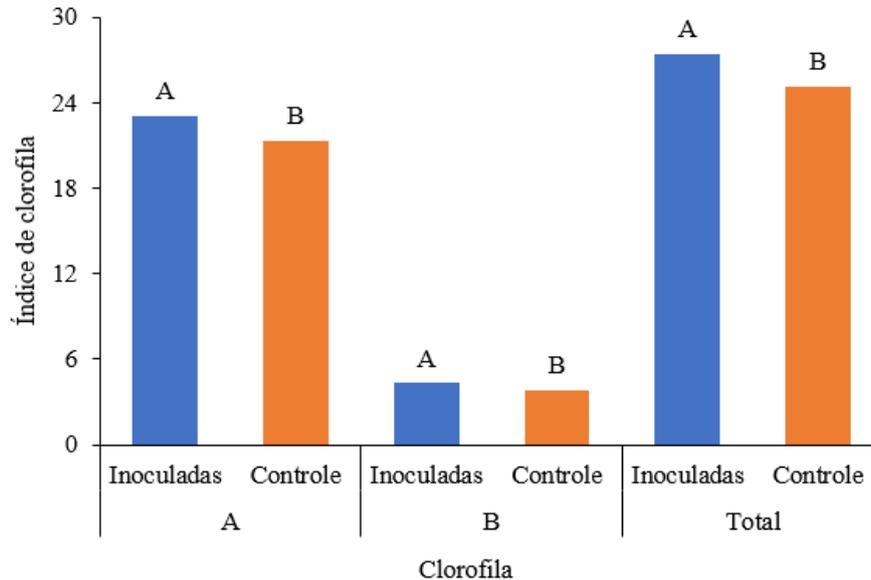
Parâmetros	Inoculação	Regimes de temperatura (°C)	
		20,0 – 26,0 – 33,0	24,4 - 30,4 - 37,4
Fotossíntese ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Inoculada	10,92 Ab	6,53 Ba
	Controle	19,74 Aa	6,38 Ba
Condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Inoculada	0,03 Bb	0,16 Aa
	Controle	0,16 Aa	0,02 Bb
Transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Inoculada	0,31 Bb	0,60 Aa
	Controle	1,74 Aa	0,34 Bb
Temperatura Foliar (°C)	Inoculada	28,97 Aa	28,99 Ab
	Controle	28,94 Ba	29,04 Aa

Fonte: Elaborada pela própria autora (2025)

Nota: Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, dentro de um mesmo parâmetro, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Não foi observada diferença significativa para a interação das plantas inoculadas x regime de temperatura diária para as características: clorofila a clorofila b, e clorofila total. Entretanto, as folhas inoculadas apresentaram maior teor de clorofila a, b e total (Gráfico 7).

Gráfico 7. Teor de clorofila em plantas de meloeiro sadias e inoculadas com *Oidium* *sp.*



Fonte: Elaborada pela própria autora

Legenda: Índices de teor de clorofila A / B / total em plantas de meloeiro

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de médias de Tukey, a 5% de probabilidade.

A exposição de plantas às altas temperaturas pode provocar um impacto negativo nos parâmetros fisiológicos, com reduções nas taxas de crescimento e rendimento (Barros *et al.*, 2021). Além dos fatores abióticos, a ocorrência de doenças pode causar danos no aparato fotossintético e comprometer a produção de fotoassimilados (Taiz *et al.*, 2017). Patógenos que causam manchas foliares em seus hospedeiros podem alterar a taxa fotossintética de plantas doentes. Geralmente nesses casos, a redução da fotossíntese é diretamente proporcional ao aumento da severidade da doença, isso ocorre devido uma diminuição na área foliar saudável devido às manchas, necroses, enfraquecimento da folha e desfolha precoce causada pelo patógeno, interferindo na absorção da luz solar (Erickson *et al.*, 2003). Como consequência da redução da fotossíntese das plantas infectadas, há uma redução da qualidade dos frutos, devido ao amadurecimento prematuro, queimaduras na casca e redução do brix, resultando em frutas menos saborosas e nutricionalmente deficientes (Marin *et al.*, 2023).

Em resposta aos estresses, os mecanismos de defesa fisiológicos atuam como a primeira linha de defesa das plantas (Chae *et al.*, 2023). A redução da fotossíntese ocorre devido à diminuição da condutância estomática. O fechamento dos estômatos pode ser

induzido pelo ácido abscísico (ABA), um hormônio relacionado ao estresse (Bartels e Souer, 2003). Como resultado do fechamento estomático, ocorre uma diminuição na transpiração foliar, o que eleva a temperatura das folhas. Segundo Erice *et al.* (2018), 90% da água absorvida pelas plantas é utilizada na regulação da temperatura foliar por meio da transpiração. Ademais, esse processo contribui para a redução tanto da fotossíntese quanto da transpiração.

Além disso, uma maior condutância estomática pode resultar em um aumento significativo na taxa de transpiração (Urban *et al.* 2017), o que também foi observado neste estudo. A taxa de transpiração está diretamente relacionada aos mecanismos de defesa da planta, que buscam equilibrar a perda de água com a necessidade de minimizar os danos causados pela entrada do patógeno.

A clorofila também é um importante parâmetro para estimar o potencial fotossintético das plantas, pois é uma molécula responsável por absorver luz e transferir a energia necessária para os centros de reação da fotossíntese. A redução no índice de clorofila é uma das respostas fisiológicas das plantas ao estresse (Taiz *et al.*, 2017). Neste estudo, observou-se que os teores de clorofila a, b e total foram mais elevados, especialmente nas plantas infectadas pelo *Oidium sp.* (Gráfico 7). Esse aumento pode indicar uma resposta ao estresse, já que as plantas tendem a aumentar o conteúdo de clorofila para maximizar a absorção de luz em condições adversas (Diao *et al.*, 2023). Embora o conteúdo de clorofila possa aumentar como um mecanismo compensatório, é importante destacar que a eficiência da fotossíntese é comprometida pela infecção do patógeno, conforme observado por Diao *et al.* (2023). Mesmo com o aumento da clorofila, a infecção ainda impacta negativamente o processo fotossintético (Alexeyeva *et al.*, 2023).

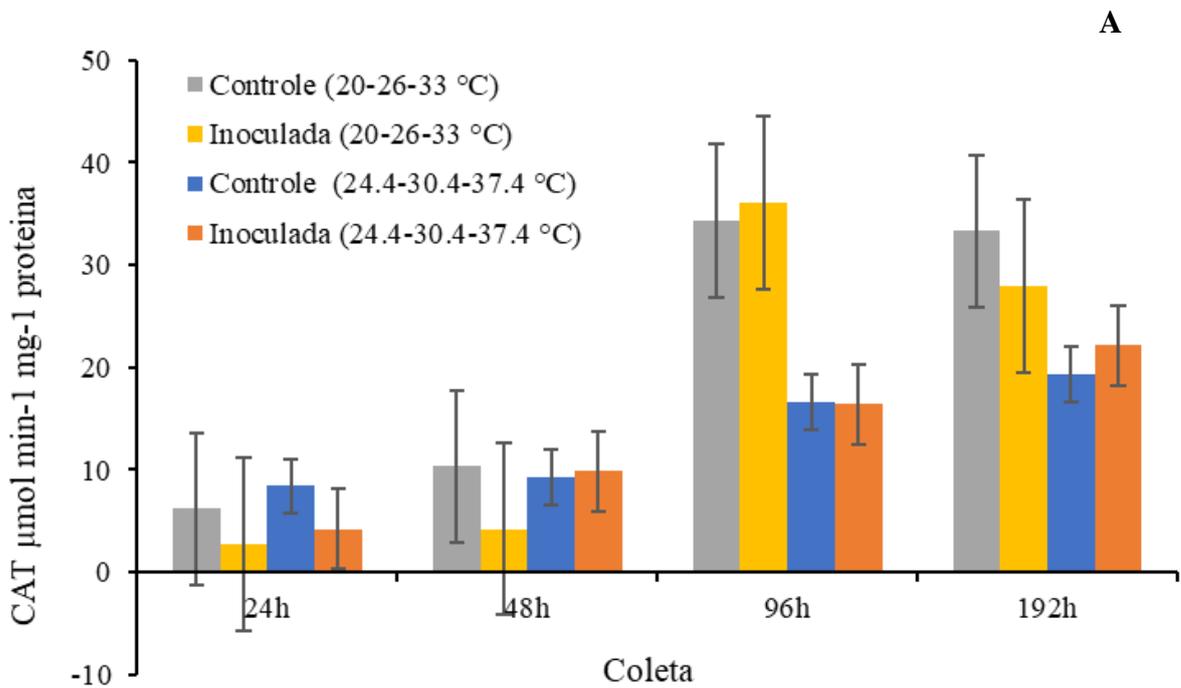
Diante disso, como consequência da redução da fotossíntese das plantas infectadas, há uma redução da qualidade dos frutos, devido ao amadurecimento prematuro, queimaduras na casca e redução do brix, resultando em frutas menos saborosas e nutricionalmente deficientes (Marin *et al.*, 2023). A qualidade dos açúcares, como a frutose, pode ser comprometida devido às respostas ao estresse desencadeadas pelo patógeno, afetando a qualidade da fruta. As plantas infectadas geralmente produzem frutos com menor teor de açúcar e com sabores alterados devido à interrupção das vias metabólicas (Wei *et al.*, 2022).

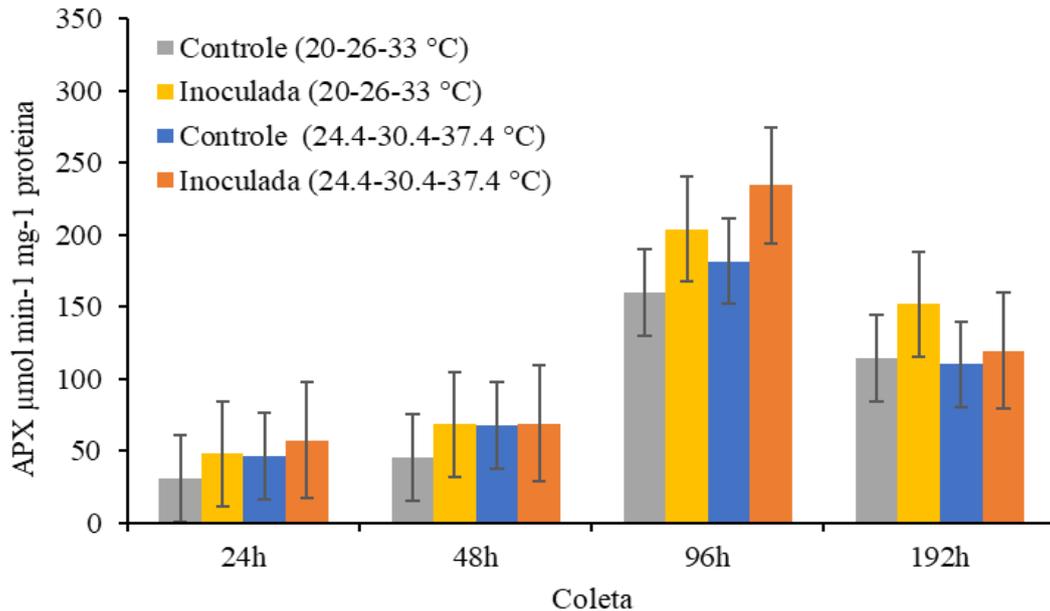
Nesse contexto, o *Cucumis melo L.* pode apresentar respostas diferenciadas aos estresses bióticos e abióticos. Contudo, os mecanismos fisiológicos da planta são severamente afetados pelo aumento da temperatura e pela presença de patógenos.

4.3 ANÁLISE DOS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS

A atividade das enzimas catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) apresentaram diferenças significativas entre os regimes de temperatura 20-26-33 °C e 24,4-30,4-37,4 °C, bem como entre os tratamentos, que foi representado por plantas inoculadas e plantas não inoculadas (Gráfico 8A e 8B).

Gráfico 8. Atividade enzimática em plantas de meloeiro inoculadas com *Oidium sp.* e plantas





Fonte: Elaborada pela própria autora

Legenda: **A** =Atividade da enzima catalase (CAT) / **B** = ascorbato peroxidase (APX) em plantas de meloeiro inoculadas com *Oidium sp.* e plantas de meloeiro sadias, sob dois regimes de temperatura.

A atividade da enzima catalase aumentou com o tempo após a inoculação (Gráfico 9A) Essa maior atividade corresponde com o aparecimento dos sintomas da doença nos dois regimes de temperatura. No regime de temperatura 20-26-33 °C observa-se maior atividade da CAT (Gráfico 9A), o que está relacionado com a maior severidade da doença nas plantas de meloeiro, indicando uma resposta ao estresse oxidativo causado pelo patógeno.

No regime de temperatura 24,4-30,4-37,4 °C, as plantas apresentaram menor atividade da CAT (Gráfico 8A), como também demonstraram menor severidade de *Oidium sp.* (Gráfico 5A) indicando uma menor resposta da enzima catalase em decorrência do aumento de temperatura e menor severidade do patógeno.

A atividade da enzima catalase aumentou com o tempo após a inoculação (Gráfico 8A) Essa maior atividade corresponde com o aparecimento dos sintomas da doença nos dois regimes de temperatura. No regime de temperatura 20-26-33 °C observa-se maior atividade da CAT (Gráfico 8A), o que está relacionado com a maior severidade da doença nas plantas de meloeiro, indicando uma resposta ao estresse oxidativo causado pelo patógeno.

A atividade da enzima ascorbato peroxidase aumentou com o tempo após a inoculação (Gráfico 8B). Essa maior atividade corresponde a evolução dos sintomas da doença, nas plantas inoculadas, nos dois regimes de temperatura.

As plantas mantidas sob o regime de temperatura de 24,4-30,4-37,4 °C apresentaram maior atividade da APX, 96h após a inoculação, verificando o efeito do aumento da temperatura (Gráfico 8B) e também da severidade do *Oidium sp.* (Gráfico 5A) durante esse período da coleta. Assim, a atividade da APX em plantas inoculadas e sob o regime de temperatura de 24,4-30,4-37,4 °C indica que essa via antioxidante foi preferencialmente ativada em resposta à presença do *Oidium sp.* e do aumento da temperatura de 4,4 °C combinados. No tempo de 192h, a atividade da APX diminuiu relação ao tempo de 96h, o que pode sugerir um ajuste na resposta antioxidante à medida que as plantas se adaptam ao estresse ou que os danos já foram mitigados (Gráfico 8B).

Plantas sob estresse biótico e abiótico exibem respostas bioquímicas complexas, incluindo a produção de espécies reativas de oxigênio (EROS) no metabolismo celular, que podem causar danos, mas também servem como moléculas sinalizadoras. As proteínas de choque térmico e mudanças epigenéticas desempenham papéis na adaptação ao estresse. A interação dessas vias bioquímicas aprimorou os mecanismos de defesa da planta, permitindo a sobrevivência sob condições combinadas de estresse (Rafique *et al.*, 2024).

As EROs ocorrem normalmente no metabolismo celular, porém quando acumuladas tornam-se tóxicas à célula, principalmente quando se convertem para espécies ainda mais reativas como o radical hidroxil (OH⁻). Devido à natureza daninha das EROs, as plantas utilizam sistemas enzimáticos como ascorbato peroxidase e catalase, para prevenir o dano nos componentes celulares do hospedeiro (Sedlarová *et al.*, 2007). A CAT catalisa a reação de dismutação do peróxido de hidrogênio em água e oxigênio, reduzindo dessa forma o excesso de EROs durante o estresse oxidativo, sendo considerado crucial para o equilíbrio entre os níveis de O₂ •- e H₂O (Mishra *et al.*, 2023). A APX é uma enzima importante no processo de eliminação de H₂O₂ no citosol e nos cloroplastos (Mishra *et al.*, 2023) sendo considerada a segunda linha de frente de detoxificação de EROs, em conjunto com a CAT (Mittler *et al.*, 2002). Essa enzima utiliza ascorbato como seu doador de elétrons para reduzir H₂O₂ à água, fazendo parte do ciclo ascorbato-glutationa. A função da APX é de proteção das plantas sob várias condições de estresse (Shigeoka *et al.*, 2002) e junto com a CAT são importantes componentes de detoxificação do H₂O₂ (Mishra *et al.*, 2023).

Nesse trabalho, foi observado menor atividade de CAT durante as primeiras horas após a inoculação com o patógeno (Figura 4A), correlacionando com uma menor severidade do *Oidium* sp. na fase inicial do ciclo da doença (Figura 1A). A ausência de mudanças significativas na atividade da catalase sugere que os mecanismos de detoxificação (“scavenging”) de EROs propostos para essa enzima não estariam acontecendo nessa interação devido à ausência de EROs em volume significativo (Balbi-Peña, 2010). Segundo Rice-Evans *et al.* (1991) as reações da CAT são mais importantes quando a concentração de H₂O₂ é mais alta, pois em concentrações consideradas normal de H₂O₂ a CAT não irá agir, este será reduzido por outra enzima, como a glutathione redutase.

A atividade da APX apresentou maior atividade enzimática entre as 96 e 192h, no regime de 24,4-30,4-37,4 °C, evidenciando que condições combinadas de estresse biótico e abiótico, aumentaram a atividade da ascorbato peroxidase. Estudos realizados por Sallam *et al.* (2024), verificaram que o estresse por alta temperatura aumentou preferencialmente as atividades da ascorbato peroxidase (APX) na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.).

Neste estudo podemos elucidar alguns mecanismos de defesa das plantas infectadas pelo oídio e mantidas sob altas temperaturas. Tanto o aumento da temperatura quanto a infecção do patógeno alteram os mecanismos de defesa das plantas de meloeiro. Além disso, os mecanismos fisiológicos da planta são severamente afetados pelo aumento da temperatura e pela presença do patógeno.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento de 4.4 °C na temperatura do ar reduziu a severidade do oídio no meloeiro, e aumentou o período de incubação.

As plantas de melão infectadas com *Oidium* sp. sob altas temperaturas apresentaram menor atividade fotossintética, e um aumento na condutância estomática, na taxa de transpiração e temperatura da superfície foliar.

As plantas de melão infectadas com *Oidium* sp. sob altas temperaturas apresentaram maior atividade da enzima antioxidante ascorbato peroxidase (APX).

REFERÊNCIAS

- ADEGOROYE, A.; OLUBUNMI-AJAYI, T. S.; EMMANUEL, A. Socioeconomic and performance of agripreneurs: a case study of dried melon value chain in Owo local government of Ondo state, Nigeria. **International Journal of Management & Entrepreneurship Research**, v. 5, n. 12, p. 851-862, 2023.
- AKBAR, M. U. *et al.* Molecular regulation of antioxidants and secondary metabolites act in conjunction to defend plants against pathogenic infection. **South African Journal of Botany**, v. 161, p. 247-257, 2023
- ALEXEYEVA, A. A.; HOLOBORODKO, K. K.; HOLODOK, L. P. The influence of powdery mildew (*Sawadaea bicornis* (Wallr.) Miyabe) on chlorophyll fluorescence in Norway maple (*Acer platanoides* L.) seedlings. **Ecology and Noospherology**, v. 34, n. 2, p. 94-100, 2023.
- AGUIAR, B. M.; VIDA, J. B.; TESSMANN, D. J.; OLIVEIRA, R. R. D.; AGUIAR, R. L.; ALVES, T. C. A. Fungal species that cause powdery mildew in greenhouse-grown cucumber and melon in Paraná State, Brazil. **Agronomy**, v. 34, n. 3, p. 247-252, 2012.
- AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. v.1, 5. ed. Ouro Fino, MG, Agronômica Ceres, p. 573, 2018.
- ANGELOTTI, F.; COSTA, N. D. **Sistema de produção do melão**. Embrapa Semiárido. Versão eletrônica. 2010.
- ANGELOTTI, F. Mudanças climáticas e problemas fitossanitários. In: LIMA, R. C. C.; CAVALCANTE, A. M. B. C. **Desertificação e mudanças climáticas no Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: INSA, p.209, 2011.
- ANGELOTTI, F. Mudanças climáticas e os problemas fitossanitários. In: **Seminário Brasileiro De Produção Integrada De Frutas**. Anais. Embrapa Semiárido, 2009.
- ANGELOTTI, F.; GHINI, R.; BETTIOL, W. Como o aumento de temperatura interfere nas doenças de plantas. In: BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. (Org.). **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília: Embrapa, 2017. 488 p.
- ARAÚJO, A. L. S.; ANGELOTTI, F.; RIBEIRO, J. P. M. Impact of temperature increase on powdery mildew in melon. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 15, n. 1, p. 01-10, 2021.
- BALBI-PEÑA, M. I. **Respostas de genótipos de tomate suscetíveis e resistentes a *Oidium neolycopersici* e *Alternaria solani*, localização in situ de espécies reativas de oxigênio e atividade de enzimas relacionadas à defesa**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2010.
- BARBOSA, M. A. G.; TERAPO, D.; BATISTA, D. C. **Sistemas de Produção de Melão**. Embrapa Semiárido. 2010.

- BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. D. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, p. 453-460, 2014.
- BARROS, J. R. A.; GUIMARÃES, M. J. M.; SILVA, R. M.; RÊGO, M. T. C.; MELO, N. F.; CHAVES, A. R. M.; ANGELOTTI, F. Selection of cowpea cultivars for high temperature tolerance: physiological, biochemical and yield aspects. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v.27, n.1, p. 29-38, 2021.
- BARTELS, D.; SOUER, E. Molecular responses of higher plants to dehydration. In: HIRT, H.; SHINOZAKI, K. (eds) **Plant responses to abiotic stress**. Berlin: Springer-Verlag, p. 9-38, 2003.
- BEDENDO, I. P. Oídios. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**. São Paulo: Ceres, p.484, 2011.
- BETTIOL, W. Métodos alternativos para o controle de doenças de plantas. In: MICHEREFF, S. J.; BARROS, R. **Proteção de plantas na agricultura sustentável**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2001.
- BETTIOL, W. **Leite de vaca cru para o controle do oídio**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 13 p. (Comunicado Técnico)
- BETTIOL, W. Controle de doenças de plantas com agentes de controle biológico e outras tecnologias alternativas. In: **Métodos Alternativos de Controle Fitossanitário**, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 191-215, 2003.
- BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília: Embrapa, p.488, 2017.
- BRAUN, U. **The powdery mildews (Erysiphales) of Europe**. p.337, 1995.
- BRADFORD, M.N. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p. 248-254, 1986.
- BRUNELLI, K. R.; KOBORI, R. F.; GIORIA, R. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do melão no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Org.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- BUFFARA, C. R. S.; ANGELOTTI, F.; VIEIRA, R. A.; BOGO, A.; TESSMANN, D. J.; BEM, B. P. D. Elaboration and validation of a diagrammatic scale to assess downy mildew severity in grapevine. **Ciência Rural**, v.44, p.1384-1391, 2014.
- COEX. Comitê Executivo de Fruticultura do Rio Grande do Norte. Disponível em <<https://coexrn.com.br/noticias>>. Acesso em: 10 jan 2024.

COHEN, R.; BURGER, Y.; KATZIR, N. Monitoring physiological races of *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*), the causal agent of powdery mildew in cucurbits: factors affecting race identification and the importance for research and commerce. **Phytoparasitica**, v. 32, p. 174-183, 2004.

COSTA, N. D. **A cultura do melão**. 2. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido. 191 p., 2008.

CHEAH, B. H.; JADHAO, S.; VASUDEVAN, M.; WICKNESWARI, R.; NADARAJAH, K. Identification of functionally important microRNAs from rice inflorescenc at heading stage of a qDTY4. 1-QTL bearing Near Isogenic Line under drought conditions. **PloS one**, v. 12, 2017.

CRUZ, I.; VALICENTE, F. H. Controle biológico. In: PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 1. ed. cap. 12, p. 203-212. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2015.

CARMO, I. L. G. S.; MEDEIROS, R. D.; ALBUQUERQUE, J. D. A. A.; NETO, J. L. L. M.; ALVAREZ, R. A. M.; *et al.*, Management and post-harvest characteristics of melon cultivars and their prospects in the Roraima savannah: a review. **Contribuciones a las ciencias sociales**, v. 16, n. 12, p. 32508-32520, 2023.

DAS, K.; ROYCHOUDHURY, A. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. **Frontiers in environmental science**, v. 2, p. 53, 2014.

DEBELA, C.; TOLA, M. Efeito do CO₂ elevado e da temperatura nas interações entre culturas e doenças sob rápida mudança climática. **International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources**, v. 13, n. 1, p. 01-07, 2018.

DEBONA, D.; RODRIGUES, F. Á.; RIOS, J. A.; NASCIMENTO, K. J. T. Biochemical changes in the leaves of wheat plants infected by *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**, v. 102, n. 12, p. 1121-1129, 2012.

DEUNER, S.; ALVES, J. D.; FRIES, D. D.; ZANANDREA, I.; LIMA, A. A.; HENRIQUE, P. de C. Peróxido de hidrogênio e ácido ascórbico influenciando a atividade de enzimas antioxidantes de mudas de cafeeiro. **Revista Ceres**, v. 55, p. 135-140, 2008.

DEVIREDDY, A. R; Tschaplinski, T. J; Tuskan, G. A., Muchero, W; Chen, J. G. Role of reactive oxygen species and hormones in plant responses to temperature changes. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 16, p. 8843, 2021.

DIAO, Q.; CAO Y.; CHEN, Y.; ZHANG, Y. Effect of Powdery Mildew on Physiological and Biochemical Indexes of Different Melon Varieties. **International Journal of Horticulture**, v.13, n.4, 2023.

ERICE, G.; PÉREZ-BUENO, M. L.; PINEDA, M.; BARÓN, M.; AROCA, R.; CALVO-POLANCO, M. Determining plant water relations. **Advances in Plant Ecophysiology Techniques**, p. 109-134, 2018.

FAO. **Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura**. Disponível em <<https://www.fao.org/brasil/fao-no-brasil/pt/>> Acesso em: 13 set 2023.

FALKER Automação Agrícola Ltda. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila** (ClorofiLOG / CFL 1030). Porto Alegre: Falker, p.33, 2008.

FIORI, M.S. **Estresse oxidativo em clones de seringueira sob ataque de antracnose-das-folhas**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, p.97, 2011.

GAVA, G. A. T.; TAVARES, S. C. C. H.; TEIXEIRA, A. H. C. **Determinação de modelos de associação entre variáveis climática e a ocorrência de Oídio e Míldio da videira no Vale do São Francisco**. Embrapa Semiárido, p. 77-90, 2004.

GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; BIZI, R. M.; AUER, C. G. **Oidium sp. em mudas de eucalipto**. Paraná: Embrapa Floresta, 2005.

GULLINO, M. L.; ALBAJES, R.; AL-JBOORY, I. ; ANGELOTTI, F.; CHAKRABORTY, S. ; GARRETT, K. A.; HURLEY, B. P.; JUROSZEK, P.; LOPIAN, R.; MAKKOUK, K.; PAN, X.; PUGLIESE, M.; STEPHENSON, T. Climate Change and Pathways Used by Pests as Challenges to Plant Health in Agriculture and Forestry. **Sustainability**, v. 14, p. 12421, 2022.

HALLIWELL, B. Oxidative stress and neurodegeneration where are we now? **Journal of neurochemistry**, v. 97, n. 6, p. 1634-1658, 2006.

HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; ALAM, M. M.; ROYCHOWDHURY, R.; FUJITA, M. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. **International journal of molecular sciences**, v. 14, n. 5, p. 9643-9684, 2013.

HONG, Y.; HOSSAIN, M.R.; KIM H.; PARK, J.; NOU, S. Identification of two new races of *Podospaera xanthii* causing powdery mildew in melon in South Korea. **Plant Pathology Journal**, v. 34, n. 3, p. 182-190, 2018.

HUSSAIN, H. A.; HUSSAIN, S.; KHALIQ, A.; ASHRAF, U.; ANJUM, S. A.; MEN, S.; WANG, L. Chilling and drought stresses in crop plants: implications, cross talk, and potential management opportunities. **Frontiers in plant science**, p.393, 2018.

HUSSAIN, M. I.; MUSCOLO, A.; AHMED, M. Plant Responses to Biotic and Abiotic Stresses: Crosstalk between Biochemistry and Ecophysiology. **Plants**, v. 11. n. 23. p. 3294, 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/melao/br>>. Acesso em: 13 jul 2024.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: the physical science basis**. Cambridge: University Press, 1535 p, 2021.

ISÍDIO, R. C. **Considerações acerca das causas de variabilidade do clima e mudanças climáticas**. Trabalho de conclusão de curso. Ourinhos, São Paulo, 2013.

JONES, J. D. G.; VANCE, R. E.; DANGL, J. L. Intracellular innate immune surveillance devices in plants and animals. **Science**, v. 354, n. 6316, p. 6395, 2016.

KAUR, A.; SINGH, G.; MENON, S.; KUMARI, K. M. V.; NGAIRANGBAM, H.; CHOUDHARY, S. Elucidating the molecular mechanisms of plant stress responses: Deciphering the impacts of abiotic and biotic stressors and developing innovative mitigation strategies for sustainable agriculture. **International Journal of Research in Agronomy**, v. 7. n. 6. p. 545-549, 2024.

KAUR, R.; KAUR, C.; KAUR, G.; KAUR, J.; RATH, S. K.; DWIBEDI, V. From Microscopy to Omics: A Comprehensive Review of Tools and Techniques in Studying Endophytic Adaptation Under Abiotic and Biotic. **Journal of Plant Growth Regulation**, p. 1-19, 2024.

KUMHAR, K. C. Application of *Ampellomyces quisqualis* and some Non- Chemical Measures for Managing Powdery Mildew Disease: A Review. **International Journal of Agriculture**, vol. 16, p. 149-158, 2023.

KUROZAWA, C.; PAVAN, M. A; REZENDE, J. A. M. Doenças das cucurbitáceas. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; REZENDE, J. A. M.; CAMARGO, L. E. A.; (Ed.). **Manual de fitopatologia**. v. 2. São Paulo: Ceres, p. 293- 302, 2005.

KUZUYA, M.; YASHIRO, K.; TOMITA, K.; EZURA, H. Powdery mildew (*Podosphaera xanthii*) resistance in melon is categorized into two types based on inhibition of the infection processes. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 9, p. 2093-2100, 2006.

LOPES, C. A. **Doenças do tomateiro**. Brasília, DF, Embrapa, p. 210, 2021.

LUPASCU, G.; RUDACOVA, A.; CHERDIVARĂ A. M.; GAVZER S.; CRISTEA, N. I. Influence of temperature and fungal pathogens on the activity of peroxidases in common wheat. **Bulletin of the Academy of Sciences of Moldova Life Sciences**. v. 3, n. 347, p. 54-61, 2023.

MARIN C.; CĂLINESCU M.; SUMEDREA M.; CHIȚU E. The dynamic monitoring of some damaging agents in fruit growing related to climate changes of last decade. **Fruit Growing Research**. v. 39, p. 102-114, 2023.

MARTINS, M. V. V.; VIANA, I. E. T.; FONSECA, W. L.; ARAÚJO, F. S. A.; SERRANO, L. A. L.; LIMA, W. N.; CONRADO, A. J. S.; OLIVEIRA, V. N.; GALVINO, M. E. C. M. **Temperatura e umidade relativa nos processos de infecção do agente causal do oídio do cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2020.

MCINTIRE, C. D.; HUGGETT, B. A.; DUNN, E., MUNCK, I. A.; VADEBONCOEUR, M. A.; ASBJORNSEN, H. Pathogen-induced defoliation impacts on transpiration, leaf gas exchange, and non-structural carbohydrate allocation in eastern white pine (*Pinus strobus*). **Trees**, v. 35, p. 357-373, 2021.

MCGRATH, M. T. First report of resistance to quinoxifen in *Podosphaera xanthii*, causal agent of cucurbit powdery mildew, in the United States. **Plant Health Progress**, v. 18, n. 2, p. 94-94, 2017.

MCCREIGHT, J. D.; COFFEY, M.; SEDLÁKOVÁ, B.; LEBEDA, A.; SARI, N.; SOLMAZ, I.; ARAS, V. Cucurbit powdery mildew of melon incited by *Podosphaera xanthii*: global and western US perspectives. In: **EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae.**, p. 181-189, 2012.

MEDRANO-MACÍAS, J.; FLORES-GALLEGOS, A. C.; NAVA-REYNA, E., MORALES, I.; TORTELLA, G.; SOLÍS-GAONA, S.; & BENAVIDES-MENDOZA, A. Reactive oxygen, nitrogen, and sulfur species (RONSS) as a metabolic cluster for signaling and biostimulation of plants: an overview. **Plants**, v. 11, n. 23, p. 3203, 2022.

MISLEROVÁ, B.; COOK, R.; WHEATER, P.; LEBEDA, A. Ecology of Powdery Mildews – Influence of Abiotic Factors on their Development and Epidemiology. **Critical reviews in plant sciences**. v. 41, p. 365-390, 2022.

MOHAMED, EL T. I; TAHA YOUSIF, M. Indigenous melons (*Cucumis melo* L.) in Sudan: a review of their genetic resources and prospects for use as sources of disease and insect resistance. **Plant Genetic Resources Newsletter**, v. 138, p. 38-42, 2004.

MORI, T.; SAKURAI, M.; SAKUTA, M.E. Effects of conditioned medium on activities of PAL, CHS, DAHP synthase (DS-Co and DS-Mn) and anthocyanin production in suspension cultures of *Fragaria ananassa*. **Plant Science**, v.160, p. 355-60, 2001.

MOURAD, A. M. I.; BORNER, A.; ESMAIL, S. M. Effectiveness and genetic control of *Trichoderma* spp. as a biological control of wheat powdery mildew disease. **Phytopathology**, v. 114, n. 10, p. 2221-2234, 2024.

NAGY, G. S. Studies on powdery mildews of cucurbits I. Life cycle and epidemiology of *Erysiphe cichoracearum* and *Sphaerotheca fuliginea*. **Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae**, v. 11, p. 205-210, 1976.

NARUZAWA, E. S.; VALE, R. K. D.; SILVA, C. M.; CAMARGO, L. E. A. Estudo da diversidade genética de *Podosphaera xanthii* através de marcadores AFLP e sequenciais ITS. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 2, p. 94-100, 2011.

NAZIR, N. *et al.* Efeito das mudanças climáticas nas doenças das plantas. **Jornal Internacional de Microbiologia Atual e Ciências Aplicadas**, p. 250-256, 2018.

NEJAT, N.; CAHILL, D.M.; VADAMALAI, G.; ZIEMANN, M.; ROOKES, J.; NADERALI, N. Transcriptomics-based analysis using RNA-Seq of the coconut (*Cocos nucifera*) leaf in response to yellow decline phytoplasma infection. **Molecular Genetics and Genomics**, v. 290, p. 1899-1910, 2015.

NEJAT, N.; MANTRI, N. Plant Immune System: Crosstalk Between Responses to Biotic and Abiotic Stresses the Missing Link in Understanding Plant Defence. **Current Issues in Molecular Biology**, 2017;23:1–16.

NGUYEN, P. D. T, *et al.* Abiotic stress responses in melon (*Cucumis melo*): Emerging underlying molecular mechanisms and biotechnological advances to cope with the issue. **Annals of Applied Biology**, v. 185, n. 1, p. 4-10, 2024

NOCTOR, G.; MHAMDI, A.; FOYER, C. H. The roles of reactive oxygen metabolism in drought: not so cut and dried. **Plant physiology**, v. 164, n. 4, p. 1636-1648, 2014.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Engenharia Agrícola**, v.25, p. 86-95, 2005.

PITRAT, M.; HANELT, P.; HAMMER, K. Some comments on infraspecific classification of cultivars of melon. In: **VII Eucarpia Meeting on Cucurbit Genetics and Breeding 510**. 2000., p. 29-36.

PITRAT, M. Phenotypic diversity in wild and cultivated melons (*Cucumis melo*). *Plant Biotechnology*, v. 30. n. 3. p. 273–278, 2013

PÉREZ-GARCIA, A.; ROMERO, D.; FERNÁNDEZ-ORTUÑO, D.; LÓPEZ-RUIZ, F.; DEVICENTE, A.; TORÉS, J. A. The powdery mildew fungus *Podosphaera fusca* (synonym *Podosphaera xanthii*): a constant threat to cucurbits. **Molecular Plant Pathology**, v.10, n.2, p. 153-160, 2009.

RABELO, H. O. **Reação de genótipos de meloeiro ao oídio das cucurbitáceas, métodos para identificação de raças e progresso de doença**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 76 p, 2017.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; BOITEUX, L. S.; OCCHIENA, E. M. Powdery mildew on melon (*Cucumis melo*) caused by *Sphaerotheca fuliginea* in Brazil. **Plant Disease**, p. 1069-1070, 1985.

REIS, E. M. **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo: UPF, 316p. 2004.

REIS, A.; BUSO, J. A. Levantamento preliminar de raças de *Sphaerotheca fuliginea* no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 628-631, 2004.

REIS, A.; DIAS, R. C. S.; ARAGÃO, F. A. S.; BOITEUX, L. S. Caracterização do perfil patogênico de isolados de *Podosphaera xanthii* obtidos em cucurbitáceas na região Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45. **Horticultura Brasileira**, v.23, p. 3652, 2005.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R. Fungicidas: aspectos gerais. **Revista Plantio Direto**, ed 97, Passo Fundo, 2007.

RYAN, C. A. RYAN, Clarence A. A via de sinalização da sistemina: ativação diferencial de genes defensivos de plantas. **Biochimica et Biophysica Acta** , n. 1477, p. 112-121, 2000.

RUIZ, A. M. M. **Intensidade de sintomas de oídio em minijardim clonal de eucalipto sob diferentes ambientes de cultivo**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

SAIJO, Y.; LOO, E. P. I. Plant immunity in signal integration between biotic and abiotic stress responses. **New Phytology**, v. 225, n. 87–104, 2020.

SAJA, D.; JANECZKO, A.; BARNA, B., SKOCZOWSKI, A.; DZIURKA, M.; KORNAŚ, A.; GULLNER, G. Powdery mildew-induced hormonal and photosynthetic changes in barley near isogenic lines carrying various resistant genes. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 12, p. 4536, 2020.

SALLAM, M.; AL-ASHKAR, I.; AL-DOSS, A.; AL-GAADI, K. A.; ZEYADA, A. M.; GHAZY, A. Avaliação da tolerância ao estresse térmico de genótipos de trigo por meio de análises moleculares e fisiobioquímicas integradas. **Agronomy**, v. 14, n. 9, p. 1999, 2024.

SANTOS, A. A.; VIANA, M. P.; CARDOSO, J. E.; VIDAL, J. C. Efeito do oídio na produção e no teor de sólidos solúveis totais de frutos do meloeiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 36, n. 3, p. 354-357, 2005.

SHANER, G.; FINNEY, R. F. The effects of nitrogen fertilization on the expression of show-mildew in knox wheat. **Phytopathology**, p. 1051-1055, 1977.

SHITTU, H. O.; A, E.; ONYEMAECHE, H. O. Plants' innate defence mechanisms against phytopathogens. **The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 9, n. 2, p. 314, 2019.

STADNIK, M. J.; BETTIOL, W. **Controle biológico de Oídios**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, p.95-116, 2000.

TAIZ, L.; MOLLER, E.Z.I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

THORPE, G. W., *et al.* Superoxide radicals have a protective role during H₂O₂ stress. **Molecular biology of the cell**, v. 24, n. 18, p. 2876-2884, 2013.

TIAN, M., YU, R., YANG, W., GUO, S., LIU, S., DU, H., ZHANG, X. Effect of Powdery Mildew on the Photosynthetic Parameters and Leaf Microstructure of Melon. **Agriculture**, v. 14, n. 6, p. 886, 2024.

TRECATE, L.; SEDLÁKOVÁ, B.; MIESLEROVÁ, B.; MANSTRETTA, V.; ROSSI, V.; LEBEDA, A. Effect of temperature on infection and development of powdery mildew on cucumber. **Plant Pathology**, v. 68, p. 1165-1178, 2019.

URBAN, J.; INGWERS, M.; MCGUIRE, M. A.; TESKEY, R. O. Stomatal conductance increases with rising temperature. **Plant signaling & behavior**, v. 12, n. 8, p. e1356534, 2017.

VIANA, F. M. P.; SANTOS, A. A.; FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIDAL, J. C. **Recomendações para o controle das principais doenças que afetam a cultura do melão na região Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p.22, 2001.

WALTERS, T. W. Historical overview on domesticated plants in China with special emphasis on the Cucurbitaceae. **Economic Botany**, v. 43. p. 297-313, 1989.

WEI, W.; INABA, J.; ZHAO, Y.; MOWERY, J. D.; & HAMMOND, R. Phytoplasma infection blocks starch breakdown and triggers chloroplast degradation, leading to premature leaf senescence, sucrose reallocation, and spatiotemporal redistribution of phytohormones. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 3, p. 1810, 2022.

WHITAKER T. W.; BEMIS W; P. Cucurbits: Cucumis, Citrullus, Cucurbita, Lagenaria (Cucurbitaceae). In: **Simmonds NW (ed) Evolution of crop plants**. Longman, London, pp. p. 64–69, 1976.

ZISKA, L. H.; BRADLEY, B. A.; WALLACE, R. D.; BARGERON, C. T.; LAFOREST, J. H.; CHOUDHURY, R. A.; VEGA, F. E. Climate change, carbon dioxide, and pest biology, managing the future: coffee as a case study. **Agronomy**, p. 152 , 2018.