



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOCÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

Emilly Joyce Alves Tertulino

Adaptabilidade de isolados de *Chaetomium* spp.: temperatura, pH e salinidade

Mossoró/RN

12/2025

Emilly Joyce Alves Tertulino

Adaptabilidade de isolados de *Chaetomium* spp.: temperatura, pH e salinidade

Relatório de Estágio Supervisionado
Obrigatório III apresentado ao Curso de
Biotecnologia da Universidade Federal Rural
do Semi-Árido, como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Rui Sales Júnior

Co-Orientadora: Prof. Dra. Andréia Mitsa
Paiva Negreiros

MOSSORÓ
2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

TT332 Tertulino, Emilly Joyce Alves.
a Adaptabilidade de isolados de *Chaetomium* spp.:
temperatura, pH e salinidade. / Emilly Joyce
Alves Tertulino. - 2025.
31 f. : il.

Orientadora: Rui Sales Júnior.
Coorientadora: Andréia Mitsa Paiva Negreiros.
Relatório (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Biotecnologia,
2025.

1. Termotolerância. 2. Halotolerância. 3.
Crescimento micelial. 4. Mycelial growth. 5.
Native fungi. I. Sales Júnior, Rui, orient. II.
Negreiros, Andréia Mitsa Paiva, co-orient. III.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Emilly Joyce Alves Tertulino

Adaptabilidade de isolados de *Chaetomium* spp.: temperatura, pH e salinidade

Identificação do estágio:

Empresa: Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Supervisor: Prof. Dr. Rui Sales Júnior

Orientador: Prof. Dr. Rui Sales Júnior

Período: 21/10/2025 à 18/12/2025

Carga horária: 240 horas

Emilly Joyce Alves Tertulino (UFERSA)
Estagiária

Prof. Dr. Rui Sales Júnior (UFERSA)
Orientador

Prof. Dr. Rui Sales Júnior (UFERSA)
Supervisor do estágio

Dedico este trabalho aos meus pais, Luciliana Souza Alves e Sebastião Tertulino Filho, que sempre me encorajaram a lutar pelos meus sonhos, sendo meus maiores exemplos de fé, honestidade e perseverança. Vocês são as raízes que me permitiram crescer e o porto seguro que me permite voar, sabendo que tenho para onde voltar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me concedeu o dom da vida. À minha família, Luciliana Souza Alves, Sebastião Tertulino Filho e Heitor Davi Alves Tertulino, que me proporcionaram todo o suporte necessário durante a minha trajetória. Ao Salisdiel Costa de Oliveira, por todo o companheirismo e incentivo nos dias mais difíceis. Foram vocês que me encorajaram a continuar, mesmo nos momentos em que pensei em desistir, e que me sustentaram em cada passo desta jornada.

Ao meu orientador, Rui Sales Júnior, e à minha coorientadora, Andreia Mitsa Paiva Negreiros, expresso minha gratidão pela orientação, pela paciência e pelo acolhimento no ambiente de trabalho.

Aos colegas de laboratório, em especial Allinny Cavalcante, Sabrina Queiroz, Pedro Sidarque, Dariane Vianna e Naama Melo agradeço a parceria, e por toda a ajuda durante os meus experimentos. O convívio com vocês tornou esse processo mais leve e enriquecedor.

Às minhas amigas da graduação, Maely Carolaine, Jordana Cavalcante, Fernanda Lima e Victoria Santiago, que acompanharam de perto todo o processo e sempre estiveram presentes para me ajudar quando precisei, deixo o meu muito obrigado.

"Se você não tivesse capacidade, Deus não lhe daria oportunidade. Seus medos você já conhece, experimente suas coragens." (Santa Teresinha do Menino Jesus)

RESUMO

O semiárido brasileiro apresenta condições edafoclimáticas adversas, como altas temperaturas, limitação hídrica e salinidade do solo, que influenciam na produtividade agrícola. Diante desse cenário, a identificação e caracterização de fungos nativos tolerantes a múltiplos estresses abióticos constitui uma etapa essencial para o desenvolvimento de tecnologias biológicas adequadas às demandas da região. Este trabalho teve como objetivo avaliar a adaptabilidade fisiológica de seis isolados de *Chaetomium* spp. (ISO24, ISO72, ISO108, ISO132, ISO160, ISO205), nativos do semiárido potiguar, frente a diferentes níveis de temperatura, pH e salinidade. Ensaio *in vitro* foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, e o crescimento micelial foi analisado sob gradientes de temperatura (10 a 45 °C), pH (5,0 a 9,0) e salinidade (0 a 1000 mM NaCl), com posterior aplicação de ANOVA e regressões polinomiais. Os isolados apresentaram comportamento mesofílico a termotolerante, com temperaturas ótimas variando entre 32,58 e 33,29 °C e sobrevivência fungistática a 45 °C. Todos os isolados exibiram ampla tolerância ao pH, com crescimento em condições ácidas, neutras e alcalinas, apresentando valores de pH ótimo variando entre 6,56 e 8,90. Os pontos ótimos de crescimento foram observados em 6,56 (I108), 6,64 (I72), 7,22 (I32), 7,53 (I160), 7,61 (I205) e 8,90 (I24). Em relação à salinidade, houve redução progressiva do crescimento micelial com o aumento da concentração de NaCl, embora todos os isolados tenham mantido a viabilidade em 1000 mM, caracterizando halotolerância. Destacaram-se o ISO160, mais tolerante sob múltiplos estresses, e o ISO24, adaptado à alcalinidade. Conclui-se que os isolados avaliados apresentam mecanismos fisiológicos eficazes de tolerância térmica e osmótica, configurando-se como isolados promissores para o desenvolvimento de bioinsumos adaptados às condições agrícolas do semiárido.

Palavras-chave: Termotolerância; Halotolerância; Crescimento micelial; Fungos nativos.

ABSTRACT

The Brazilian semi-arid region presents adverse edaphoclimatic conditions, such as high temperatures, water limitation, and soil salinity, which influence agricultural productivity. Given this scenario, the identification and characterization of native fungi tolerant to multiple abiotic stresses constitutes an essential step for the development of biological technologies suited to the region's demands. This study aimed to evaluate the physiological adaptability of six isolates of *Chaetomium* spp. (ISO24, ISO72, ISO108, ISO132, ISO160, ISO205), native to the Rio Grande do Norte semi-arid region, across different levels of temperature, pH, and salinity. *In vitro* assays were conducted in a completely randomized design, and mycelial growth was analyzed under gradients of temperature (10 to 45 °C), pH (5.0 to 9.0), and salinity (0 to 1000 mM NaCl), with subsequent application of ANOVA and polynomial regressions. The isolates presented mesophilic to thermotolerant behavior, with optimal temperatures ranging between 32.58 and 33.29 °C and fungistatic survival at 45 °C. All isolates exhibited broad tolerance to pH, with growth in acidic, neutral, and alkaline conditions, presenting optimal pH values ranging between 6.56 and 8.90. The optimal growth points were observed at 6.56 (ISO108), 6.64 (ISO72), 7.22 (ISO132), 7.53 (ISO160), 7.61 (ISO205), and 8.90 (ISO24). Regarding salinity, there was a progressive reduction in mycelial growth with increasing NaCl concentration, although all isolates-maintained viability at 1000 mM, characterizing halotolerance. ISO160 stood out as the most tolerant under multiple stresses, and ISO24 as adapted to alkalinity. It is concluded that the evaluated isolates present effective physiological mechanisms for thermal and osmotic tolerance, appearing as promising isolates for the development of bioinputs adapted to the agricultural conditions of the semi-arid region.

Keywords: Thermotolerance; Halotolerance; Mycelial growth; Native fungi.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	1
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	2
2.1 O gênero <i>Chaetomium</i> : biologia, ecologia e importância biotecnológica.....	2
2.2 Fatores ambientais e influência na fisiologia fúngica (pH, temperatura e salinidade).....	3
2.3 Estudos de caso: a adaptabilidade fúngica no semiárido e ambientes extremos	4
2.4 Potencial de <i>Chaetomium</i> spp. em projetos de biocontrole e sustentabilidade agrícola	5
3 HIPÓTESE.....	6
4 JUSTIFICATIVA	6
6. MATERIAL E MÉTODOS	7
6.1 Isolados utilizados	7
6.2 Influência da temperatura no crescimento micelial de isolados de <i>Chaetomium</i> spp.	8
6.3 Influência de diferentes faixas de pH no crescimento micelial de isolados de <i>Chaetomium</i> spp.....	8
6.4 Influência de diferentes concentrações de sal no crescimento micelial de isolados de <i>Chaetomium</i> spp.	9
6.5 Análise Estatística.....	9
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
7.1 Comportamento e crescimento micelial de <i>Chaetomium</i> spp. frente a diferentes temperaturas.....	10
7.2 Efeito do pH no desenvolvimento de <i>Chaetomium</i> spp.	13
7.3 Tolerância de isolados de <i>Chaetomium</i> spp. a diferentes concentrações de salinidade	16
9 REFERÊNCIAS.....	19

1 INTRODUÇÃO

O aumento de estresses abióticos, como seca, salinidade e temperaturas extremas, representa hoje um dos principais desafios à agricultura sustentável (Gowtham et al., 2024). Nesse cenário, a ciência busca organismos com eminente plasticidade fisiológica, ou “extremotolerância”, para sobreviver em condições adversas (Ahmed et al., 2016; Morales-Vargas et al., 2024). Os fungos, pela sua diversidade metabólica, são os principais alvos dessa prospecção.

O semiárido potiguar configura um ambiente de múltiplos estresses abióticos. A região é marcada por um balanço hídrico negativo, onde a evapotranspiração potencial supera abundantemente a precipitação pluviométrica, resultando em longos períodos de estiagem e elevadas temperaturas. Segundo Gheyi et al. (2016), esse cenário climático é o principal determinante para a ocorrência de solos afetados por sais na região, uma vez que a escassa precipitação é insuficiente para lixiviar os sais do perfil do solo, enquanto a intensa evaporação os concentra na superfície, processo que frequentemente eleva o pH (solos sódicos) e seleciona uma microbiota adaptada.

Nesse contexto de ambientes extremos, destaca-se o gênero *Chaetomium* (Ascomycota, Chaetomiaceae), que é conhecido por sua “extremotolerância” (Ahmed et al., 2016), sendo encontrado nos ambientes mais inóspitos da Terra, desde desertos áridos e quentes até as fossas oceânicas mais profundas (Ji et al., 2025). Amplamente distribuído em solos e resíduos vegetais, sua adaptabilidade está ligada à produção de metabólitos bioativos (Soytong et al., 2021; Elkhateeb et al., 2021), que refletem uma fisiologia adaptada à competição e à sobrevivência, com potencial para biocontrole e promoção de crescimento vegetal (Magalhães, 2013; Spinelli, 2022).

Embora o gênero *Chaetomium* seja reconhecido pelo seu potencial ecológico e biotecnológico, ainda são escassos os estudos que abordam sua adaptabilidade fisiológica sob as condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro. A compreensão dos limites fisiológicos de crescimento frente a estresses como temperatura, pH e salinidade é essencial para revelar suas estratégias de sobrevivência e potencial de aplicação agrícola (Ren et al., 2025). Assim, este trabalho busca avaliar a adaptabilidade fisiológica de isolados de *Chaetomium* spp. provenientes do semiárido potiguar, contribuindo para o conhecimento da micobiota regional e para o desenvolvimento de alternativas biotecnológicas sustentáveis.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O gênero *Chaetomium*: biologia, ecologia e importância biotecnológica

O gênero *Chaetomium* (Ascomycota, Chaetomiaceae) compreende fungos filamentosos amplamente distribuídos em ambientes terrestres e ricos em matéria orgânica. As espécies do gênero são caracterizadas pela formação de peritécios, com setas hialinas ou escuras, e pela produção abundante de ascósporos. A diversidade morfológica e metabólica desse grupo reflete sua notável capacidade adaptativa a diferentes condições ambientais (Elkhateeb et al., 2021; Soyong et al., 2021).

Do ponto de vista ecológico, *Chaetomium* desempenha um papel essencial na decomposição de resíduos vegetais, principalmente pela ação de enzimas hidrolíticas como celulasas, pectinases e ligninases. Essa habilidade enzimática permite que o fungo degrade compostos complexos da parede celular vegetal, favorecendo o retorno de nutrientes ao solo e mantendo o equilíbrio ecológico (El-Nahas et al., 2025; Soyong et al., 2021). Além disso, a presença dessas enzimas está diretamente relacionada à sua adaptabilidade fisiológica, já que a eficiência na degradação de substratos contribui para a sobrevivência em ambientes com baixa disponibilidade de matéria orgânica (Ji et al., 2025).

A importância biotecnológica do gênero *Chaetomium* está associada à sua capacidade de produzir metabólitos secundários com ampla variedade de atividades biológicas. Compostos como as chaetoglobosinas e as chaetocinas apresentam propriedades antifúngicas, antibacterianas e citotóxicas, destacando o potencial do gênero na área de biotecnologia e no desenvolvimento de bioinsumos agrícolas (Elkhateeb et al., 2021; Magalhães, 2013). Esses metabólitos conferem vantagem competitiva ao fungo em ambientes naturais, e consequentemente despertam interesse para aplicações em biocontrole e promoção de crescimento vegetal (Spinelli, 2022).

Diversas espécies de *Chaetomium* têm sido relatadas em diferentes regiões do mundo, incluindo ambientes áridos, tropicais e temperados. Essa ampla distribuição geográfica demonstra sua plasticidade fisiológica, permitindo-lhe colonizar desde solos férteis até ambientes de estresse, como desertos e regiões semiáridas (Ji et al., 2025; Ahmed et al., 2016). Estudos filogenéticos revelaram uma grande diversidade genética dentro do gênero, com mais de 400 espécies descritas, muitas das quais foram descritas serem isoladas de ecossistemas

extremos. No Brasil, pesquisas registraram sete espécies desse gênero, o que reforça sua ampla presença e relevância em solos tropicais (Magalhães, 2013).

2.2 Fatores ambientais e influência na fisiologia fúngica (pH, temperatura e salinidade)

Os fatores ambientais exercem influência decisiva sobre o crescimento, a morfologia e o metabolismo dos fungos, determinando sua capacidade de adaptação e sobrevivência. Em ecossistemas extremos, como o semiárido, o pH, a salinidade e a temperatura são os principais fatores que atuam como forças seletivas, influenciando diretamente o desenvolvimento micelial, a germinação de esporos e a produção de metabólitos (Racchi et al., 2020; Su et al., 2020; Cao et al., 2007).

A temperatura e o pH exercem um papel crítico e interligado, pois ambos afetam diretamente a integridade estrutural das proteínas. Temperaturas elevadas, como as do semiárido, causam a desnaturação de enzimas essenciais e alteram a fluidez das membranas celulares (Su et al., 2020; Cao et al., 2007). De forma similar, o pH sub-ótimo, como o alcalino encontrado em solos salinos (Gheyi et al., 2016), desestabiliza as enzimas e compromete a absorção de nutrientes, gerando um forte estresse oxidativo na célula (Ravindran & Naveenan, 2011).

Paralelamente, a salinidade impõe um duplo desafio fisiológico. O primeiro é o estresse osmótico, onde a alta concentração de sais no solo "puxa" a água para fora da célula, causando uma seca fisiológica. O segundo é a toxicidade iônica, onde o acúmulo de íons como Na^+ e Cl^- no citoplasma inibe processos metabólicos vitais (Byanjankar et al., 2022).

Para sobreviver a esse conjunto de estresses, fungos adaptados, como *Chaetomium*, desenvolveram um arsenal fisiológico unificado. Para combater o estresse osmótico, o principal mecanismo é o ajuste osmótico, que envolve a produção e acúmulo de solutos compatíveis, como a prolina, para manter a água dentro da célula (Byanjankar et al., 2022; Abou Alhamed & Shebany, 2012). Concomitantemente, para combater o estresse oxidativo que é um dano celular comum gerado tanto pelo estresse salino quanto pelo pH alcalino e pelo calor, o fungo ativa um robusto sistema de defesa antioxidante (Abou Alhamed & Shebany, 2012; Ravindran & Naveenan, 2011).

Dessa forma, a adaptabilidade fisiológica no semiárido não é a resposta a um único fator, mas a capacidade de gerenciar a interação entre pH, salinidade e temperatura (Racchi et al., 2020; Gallardo et al., 2016). Em *Chaetomium* spp., essa interação traduz-se em uma resposta coordenada, e compreender esses limites fisiológicos é essencial para o seu uso biotecnológico em projetos de manejo sustentável.

2.3 Estudos de caso: a adaptabilidade fúngica no semiárido e ambientes extremos

Ecossistemas extremos, como o semiárido, são ambientes onde intensas pressões seletivas (calor, salinidade e déficit hídrico) atuam como filtros ecológicos. Esses filtros favorecem o desenvolvimento de microrganismos com mecanismos fisiológicos especializados (Ren et al., 2025; Ahmed et al., 2016). Por essa razão, o semiárido potiguar é considerado uma região de potencial biotecnológico para a prospecção de fungos adaptados, capazes de produzir enzimas termoestáveis e metabólitos de interesse agrícola.

No contexto regional, estudos conduzidos na região (Cavalcante, 2021; Negreiros, 2019) demonstraram que gêneros de fungos de solo, como *Monosporascus* e *Macrophomina*, possuem isolados locais com alta tolerância a temperaturas elevadas e estresse hídrico. Esses resultados indicam que o ambiente regional pode atuar como uma força seletiva, favorecendo espécies com fisiologia ajustada às variações térmicas, salinas e de umidade. A investigação de *Chaetomium* spp. nesse contexto representa, portanto, uma progressão lógica dessas linhas de pesquisa.

Em escala global, estudos análogos reforçam a relevância da adaptabilidade fisiológica. Em ambientes áridos e hipersalinos, como o Deserto do Atacama, Gallardo et al. (2016) correlacionaram a pigmentação microbiana à resistência ao calor e à salinidade, demonstrando o papel protetor dos pigmentos contra a radiação UV e o estresse osmótico. Em contraste, pesquisas em ecossistemas frios, como a Antártica (Simonetti, 2023) e a Fossa das Marianas (Ji et al., 2025), revelam diferentes mecanismos de sobrevivência sob baixas temperaturas e alta pressão. Esses exemplos demonstram que a adaptação fisiológica é uma resposta fundamental dos fungos às pressões ambientais específicas de seus nichos.

O estudo da adaptabilidade fúngica em ambientes extremos possui tanto interesse ecológico quanto relevância aplicada. Fungos que prosperam sob estresse, como *Trichoderma* spp. (Cruz, 2021), são explorados por sua capacidade de atuar como agentes de biocontrole e promoção de crescimento vegetal. Nesse sentido, compreender as respostas fisiológicas de *Chaetomium* spp. no semiárido pode revelar não apenas seus mecanismos de sobrevivência, mas também seu potencial como bioinsumo adaptado às condições edafoclimáticas do Nordeste brasileiro.

2.4 Potencial de *Chaetomium* spp. em projetos de biocontrole e sustentabilidade agrícola

A busca por bioinsumos resistentes é a chave para a sustentabilidade agrícola em ambientes estressantes (Gowtham et al., 2024; Morales-Vargas et al., 2024). O gênero *Chaetomium* é investigado por seu potencial biotecnológico, que se manifesta principalmente através de duas vias fisiológicas: o antagonismo direto a patógenos (biocontrole) e a promoção de crescimento vegetal (PGPF).

O potencial de biocontrole do *Chaetomium* está fundamentado em sua capacidade de competição e antagonismo. A principal estratégia é a antibiose, que é a capacidade fisiológica de produzir e secretar um vasto arsenal de metabólitos secundários, como chaetoglobosinas e antraquinonas, que inibem o crescimento de outros fungos (Elkhateeb et al., 2021; Soyong et al., 2021). Além da antibiose, o gênero utiliza a competição por espaço e nutrientes, auxiliada por suas eficientes enzimas celulolíticas e o micoparasitismo, onde as hifas do *Chaetomium* podem atacar, penetrar e degradar as estruturas de fungos fitopatogênicos (Moya et al., 2016; Magalhães, 2013).

Paralelamente ao biocontrole, o *Chaetomium* spp. atua como fungo promotor de crescimento de plantas (PGPF) (Spinelli, 2022). Os mecanismos fisiológicos dessa interação incluem a produção de fitohormônios, como o ácido indol-3-acético (AIA) e giberelinas, que estimulam diretamente o desenvolvimento do sistema radicular da planta (Tian et al., 2022). Além da estimulação hormonal, esses fungos podem melhorar a nutrição vegetal através da solubilização de nutrientes no solo (mecanismo análogo ao observado em *Trichoderma* por Cruz (2021).

O aspecto mais relevante para ambientes estressantes é a capacidade do *Chaetomium* de mitigar estresses abióticos na planta hospedeira. A inoculação com *C. globosum* demonstrou induzir respostas fisiológicas na planta, como o aumento da produção de osmolitos (ex: prolina) e a ativação de enzimas antioxidantes (Abou Alhamed & Shebany, 2012). Essencialmente, o fungo transfere ou ativa na planta os mesmos mecanismos de defesa que ele próprio utiliza para sobreviver.

Em resumo, a "adaptabilidade fisiológica" e o "potencial biotecnológico" do *Chaetomium* (biocontrole e PGPF) são fenômenos convergentes. Ambos derivam da mesma capacidade fisiológica de produzir metabólitos e enzimas. Portanto, a avaliação dos limites fisiológicos de isolados nativos do semiárido (adaptados ao estresse) é um estudo de sobrevivência ecológica, e sustenta a validação de seu potencial como agente de biocontrole sendo resilientes e eficazes para a agricultura sustentável na região.

3 HIPÓTESE

A hipótese da pesquisa é que os isolados de *Chaetomium* spp. nativos do semiárido potiguar, por serem resultado de um longo processo de seleção natural em um ambiente de múltiplos estresses abióticos, apresentam adaptabilidade fisiológica a região.

Espera-se que essa adaptabilidade se manifeste, em condições laboratoriais, pela capacidade dos isolados de manter o crescimento micelial e a viabilidade em faixas de temperatura, pH e salinidade que seriam restritivas ou letais para a maioria das espécies fúngicas.

4 JUSTIFICATIVA

A pesquisa presente se justifica pela intersecção de três dimensões centrais: a urgência agrícola do semiárido, a lacuna de conhecimento científico sobre a microbiota regional e o potencial biotecnológico do gênero *Chaetomium*.

Do ponto de vista agrícola e social, o semiárido potiguar enfrenta desafios relacionados à sustentabilidade agrícola. Conforme estabelecido por Gheyi et al. (2016), as condições edafoclimáticas da região são severas: balanço hídrico negativo, altas temperaturas e solos frequentemente afetados por salinidade e alcalinidade. Esse cenário compromete a produtividade e aumenta a dependência de insumos químicos, que ao longo do tempo tornam-se prejudiciais ao meio ambiente e com uso desordenado, também traz prejuízos à humanidade. Dessa forma, a busca por soluções biotecnológicas nativas e adaptadas às condições locais, como biofertilizantes e agentes de biocontrole, é uma necessidade estratégica para a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico da região (Ren et al., 2025; Gowtham et al., 2024;).

Do ponto de vista científico, há uma lacuna de conhecimento quanto à fisiologia de fungos adaptados do semiárido. Embora estudos regionais conduzidos por (Cavalcante, 2021; Negreiros, 2019;) tenham avaliado o semiárido potiguar como um ambiente propício à seleção natural de fungos extremotolerantes como *Monosporascus* e *Macrophomina*, o gênero *Chaetomium* não tem muitas evidências científicas sobre ele nesse contexto. Globalmente, *Chaetomium* é reconhecido por sua capacidade de sobreviver sob múltiplos estresses ambientais (Ji et al., 2025; Ahmed et al., 2016) e por seu vasto arsenal metabólico, composto por enzimas hidrolíticas e metabólitos secundários de relevância biotecnológica (Elkhateeb et al., 2021). Contudo, no Brasil, os estudos existentes concentram-se em aspectos taxonômicos e de

biocontrole (Magalhães, 2013), sem abordar profundamente a caracterização fisiológica de isolados provenientes de ecossistemas semiáridos. Ainda não se conhecem os limites térmicos, salinos e de pH que definem a adaptabilidade dos isolados de *Chaetomium*.

Dessa maneira, na perspectiva biotecnológica, esta pesquisa constitui uma etapa essencial de validação técnica para o desenvolvimento de futuros bioinsumos regionais, elucidando a adaptabilidade dos isolados de *Chaetomium* spp. A partir da fundamentação teórica foi demonstrado que a adaptabilidade fisiológica e o potencial biotecnológico de *Chaetomium* spp. derivam de mecanismos comuns, como a produção de metabólitos secundários, enzimas antioxidantes e substâncias promotoras de crescimento vegetal (Spinelli, 2022; Tian et al., 2022; Abou Alhamed & Shebany, 2012). Assim, testar a hipótese de que os isolados locais apresentam tolerância a múltiplos estresses abióticos é o primeiro passo para identificar linhagens resilientes, capazes de atuar como bioinsumos eficazes sob as condições reais do semiárido.

Portanto, este projeto justifica-se por fornecer um conhecimento ecológico e fisiológico sobre um gênero fúngico chave em um ambiente extremo brasileiro e, simultaneamente, por gerar a base científica necessária à prospecção de bioinsumos de alta performance, alinhados com os princípios da sustentabilidade e da bioeconomia adaptada à realidade do semiárido potiguar.

6. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia II da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, RN.

6.1 Isolados utilizados

Foram utilizados seis isolados de *Chaetomium* spp. (ISO24, ISO72, ISO108, ISO132, ISO160 e ISO205), pertencentes à coleção de trabalho do Laboratório de Fitopatologia II da UFERSA. Os isolados foram obtidos de tecidos de rízes de melão. Coletados nas coordenadas geográficas 4°54'51.6" S e 37°24'08.9" W.

As culturas fúngicas foram preservadas em tubos de ensaio contendo água destilada autoclavada, seguindo método de preservação de Castellani, sendo reativadas em meio BDA por 7 dias a 28 ± 1 °C antes da instalação dos experimentos.

6.2 Influência da temperatura no crescimento micelial de isolados de *Chaetomium* spp.

Para determinar o perfil térmico dos isolados, a metodologia baseou-se nos protocolos de avaliação de estresse abiótico descritos por Negreiros et al. (2020) e Cavalcante et al. (2020). Discos de micélio com 0,8 cm de diâmetro foram retirados da borda de colônias jovens (7 dias de crescimento) de cada isolado e transferidos para o centro de placas de Petri (90 mm) contendo meio BDA.

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), avaliando 6 isolados de *Chaetomium* spp. e 8 temperaturas, com dez repetições por tratamento. As placas foram vedadas e incubadas no escuro em estufas tipo B.O.D. pelo período de sete dias, submetidas as temperaturas de: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45 °C.

A avaliação do crescimento micelial foi realizada ao final do sétimo dia de incubação. O diâmetro das colônias foi mensurado em duas direções perpendiculares para a obtenção do diâmetro médio. A partir destes dados, determinou-se a taxa de crescimento radial diário (CRd), expressa em cm dia⁻¹. O cálculo considerou o crescimento do raio da colônia (descontando-se o diâmetro do inóculo inicial) dividido pelo período de dias da incubação, conforme metodologia adaptada de Cavalcante et al. (2025).

Para os tratamentos que apresentaram crescimento nulo na temperatura de 45 °C, foi realizado um teste de viabilidade. As placas que estavam a 45 °C foram retiradas da estufa e mantidas em temperatura ambiente (aproximadamente 28-30 °C) na bancada do laboratório por sete dias.

6.3 Influência de diferentes faixas de pH no crescimento micelial de isolados de *Chaetomium* spp.

O efeito do pH sobre o crescimento micelial dos isolados de *Chaetomium* spp. foi avaliado em meio Batata-Dextrose-Ágar (BDA), conforme metodologia adaptada de Cavalcante (2021). Discos de micélio com 8 mm de diâmetro, obtidos da borda de colônias com sete dias de crescimento, foram transferidos para o centro de placas de Petri (90 mm) contendo meio BDA ajustado aos valores de pH 5,0; 6,0; 7,0; 8,0 e 9,0. O ajuste do pH foi realizado após a autoclavagem do meio, mediante adição de HCl (1 N) ou NaOH (1 N), conforme a faixa de pH desejada.

As placas foram incubadas a 30 ± 1 °C por sete dias, no escuro. O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), avaliando os seis isolados e em cinco níveis de pH, com dez repetições por tratamento, totalizando 300 unidades experimentais.

A avaliação do crescimento micelial foi realizada ao final do sétimo dia de incubação. O diâmetro das colônias foi mensurado em duas direções perpendiculares (transversal e longitudinal) para a obtenção do diâmetro médio. A partir destes dados, determinou-se a taxa de crescimento radial diário (CRd), expressa em cm dia^{-1} . O cálculo baseou-se no crescimento do raio da colônia (descontando-se o diâmetro do inóculo inicial de 0,8 cm) dividido pelo período de incubação, conforme metodologia adaptada de Cavalcante et al. (2025)

6.4 Influência de diferentes concentrações de sal no crescimento micelial de isolados de *Chaetomium* spp.

Para determinar o perfil de tolerância ao estresse salino (osmótico), a metodologia foi adaptada de Cavalcante et al. (2020) e Negreiros et al. (2020). O meio Batata-Dextrose-Ágar (BDA) foi suplementado com Cloreto de Sódio (NaCl) p.a. para alcançar as concentrações molares desejadas: 0 (controle), 250, 500, 750 e 1000 mM.

Discos de micélio com 0,8 cm de diâmetro, obtidos da borda de colônias jovens (7 dias), foram transferidos para o centro das placas de Petri (90 mm) contendo o meio BDA-salino. As placas foram incubadas no escuro a 30 ± 1 °C, temperatura previamente determinada como ótima para o gênero, por sete dias.

Ao término do período de incubação, o diâmetro final da colônia foi medido com régua milimetrada em duas direções perpendiculares, e a taxa de crescimento radial diário (CRd) foi calculada (em cm dia^{-1}) conforme descrito na Seção 6.2.1.

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), avaliando seis isolados e cinco níveis de salinidade, com dez repetições por tratamento, totalizando 300 unidades experimentais.

6.5 Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando constatado efeito significativo, realizou-se o ajuste de modelos de regressão para descrever a relação entre o pH e o crescimento micelial, assim como também ocorreu para definir a temperatura ótima para cada isolado.

Os dados de Crescimento Radial Diário (CRd) obtidos nos três ensaios (Temperatura, pH e Salinidade) foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e de homogeneidade por Levene. Após a validação dos pressupostos, os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA).

As médias dos isolados foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos (níveis de temperatura, pH e concentrações salinas), realizou-se análise de regressão polinomial para ajustar as curvas de crescimento e determinar, quando possível, os pontos ótimos de desenvolvimento para cada isolado. As análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Comportamento e crescimento micelial de *Chaetomium* spp. frente a diferentes temperaturas

O efeito da temperatura sobre o Crescimento Radial Diário (CRd) dos seis isolados de *Chaetomium* spp. foi significativo. A Análise de Variância (ANOVA) indicou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os isolados dentro de cada nível de temperatura, demonstrando que os isolados responderam de forma distinta ao estresse térmico.

Tabela 1 – Taxa de Crescimento Radial Diário (CRd, em cm/dia) de seis isolados de *Chaetomium* spp. em diferentes temperaturas após 7 dias de incubação

Tratamentos	15°	20°	25°	30°	35°	40°
24	0,083 b	0,149 c	0,201 b	0,340 c	0,325 d	0,019 d
72	0,790 b	0,128 d	0,201 b	0,461 a	0,454 ab	0,181 a
108	0,074 b	0, 200 b	0,279 a	0,436 ab	0,436 b	0,099 bc
132	0,096 b	0,240 a	0,286 a	0,437 ab	0,443 ab	0,089 c
160	0,103 b	0,227 a	0,286 a	0,452 ab	0,477 a	0,136 ab
205	0,198 a	0,243 a	0,286 a	0,421 b	0,396 c	0,021 d
DMS	0,02982	0,0185	0,01792	0,03244	0,034546	0,04696
CV%	21,41	7,11	5,31	5,79	6,20	39,15

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O comportamento dos isolados frente ao gradiente térmico foi modelado por regressão polinomial de quarto grau, e os respectivos modelos, coeficientes de determinação (R^2) e Temperaturas Ótimas (tótima) estimadas são apresentados na Figura 1.

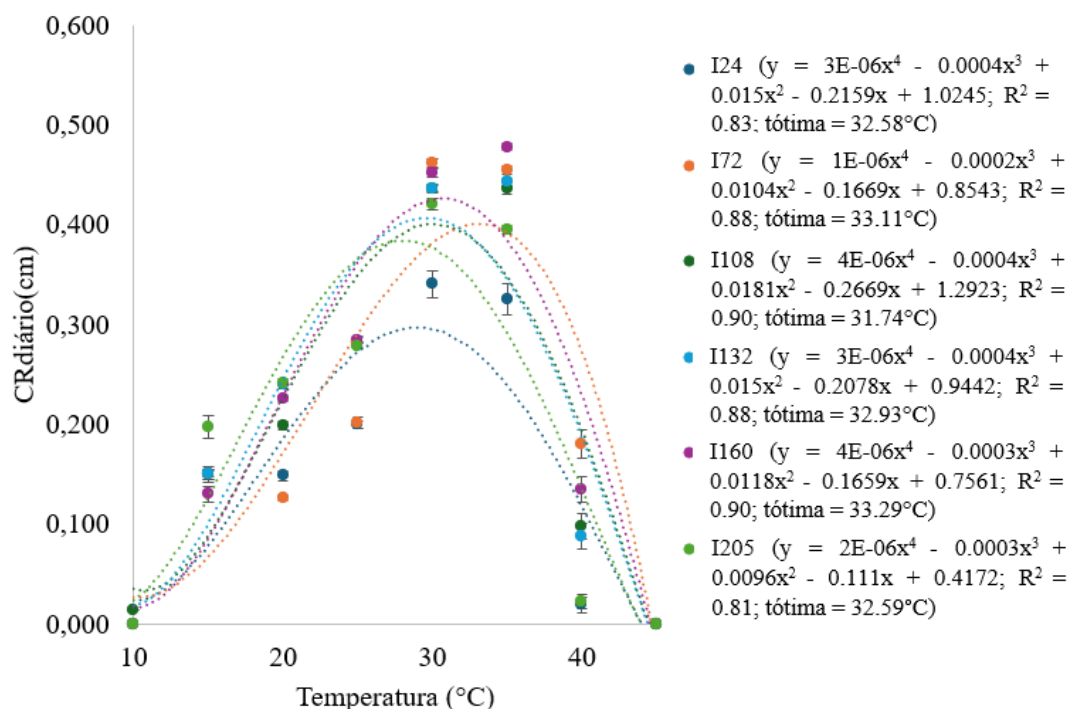


Figura 1 – Modelos de regressão polinomial de quarto grau para o Crescimento Radial Diário (CRd) de seis isolados de *Chaetomium* spp. em função da temperatura ($^{\circ}C$), e estimativa da Temperatura Ótima ($t_{ótima}$).

Observou-se que todos os isolados apresentaram comportamento de mesofílico a termotolerante. O crescimento foi nulo aos $10^{\circ}C$, aumentou progressivamente com a elevação da temperatura, atingiu seu pico entre 30 e $35^{\circ}C$ ($0,340$ – $0,477$ cm/dia) e, por fim, foi severamente reduzido a $40^{\circ}C$ ($0,019$ – $0,181$ cm/dia).

As temperaturas ótimas estimadas pela regressão (Figura 1) confirmam o perfil mesofílico a termotolerante desses isolados. Pois situam-se todos em uma faixa muito próxima, entre $32,58^{\circ}C$ e $33,29^{\circ}C$. O isolado ISO160 foi o que apresentou a maior temperatura ótima ($33,29^{\circ}C$), enquanto o ISO108 apresentou a menor ($31,74^{\circ}C$).

Na temperatura de $45^{\circ}C$, o crescimento foi completamente inibido ($CRd = 0$) para todos os isolados. O teste de viabilidade subsequente demonstrou que este efeito foi fungistático (inibição temporária) e não fungicida, pois todos os inóculos retomaram o crescimento micelial ao serem movidos para temperatura ambiente.

Os resultados obtidos corroboram os achados de Negreiros et al. (2020) e Cavalcante et al. (2020). Ao estudarem, respectivamente, *Macrophomina* e *Monosporascus* isolados do

semiárido potiguar, os autores também identificaram temperaturas ótimas elevadas, geralmente acima de 30 °C. Isso sugere que a alta temperatura do solo na região (Gheyi et al., 2016) atua como na seleção natural, favorecendo fungos com picos de crescimento adaptados ao calor.

A capacidade dos isolados de *Chaetomium* spp. de crescer acima de 31 °C, e de sobreviver (efeito fungistático) a 45 °C, é um forte indicativo de adaptação fisiológica. Este resultado corrobora com Ahmed et al. (2016), que classifica o gênero *Chaetomium* como "extremotolerante", frequentemente isolado de solos de desertos e ambientes quentes. A capacidade de tolerar o calor (termotolerância), está ligada a mecanismos fisiológicos como a produção de proteínas de choque térmico (HSPs) e a alteração na composição lipídica das membranas celulares (Cao et al., 2007).

Em síntese, o perfil térmico dos isolados de *Chaetomium* spp. valida sua adaptação às condições do semiárido, revelando um comportamento termotolerante e um limite de inibição (45 °C) que os credencia para futuros estudos de aplicação biotecnológica em condições de campo.

A Figura 2 apresenta o painel macromorfológico comparativo dos isolados. O isolado ISO160, foi o isolado que apresentou a maior T.ótima (33,29 °C), alinhando-se ao seu pico de crescimento medido na Tabela 1 (0,477 mm/dia). Em contraste, isolados como o ISO 205 (T.ótima 32,59 °C) já demonstram um micélio visualmente mais rarefeito a 35 °C, indicando que esta temperatura já ultrapassou seu pico metabólico.

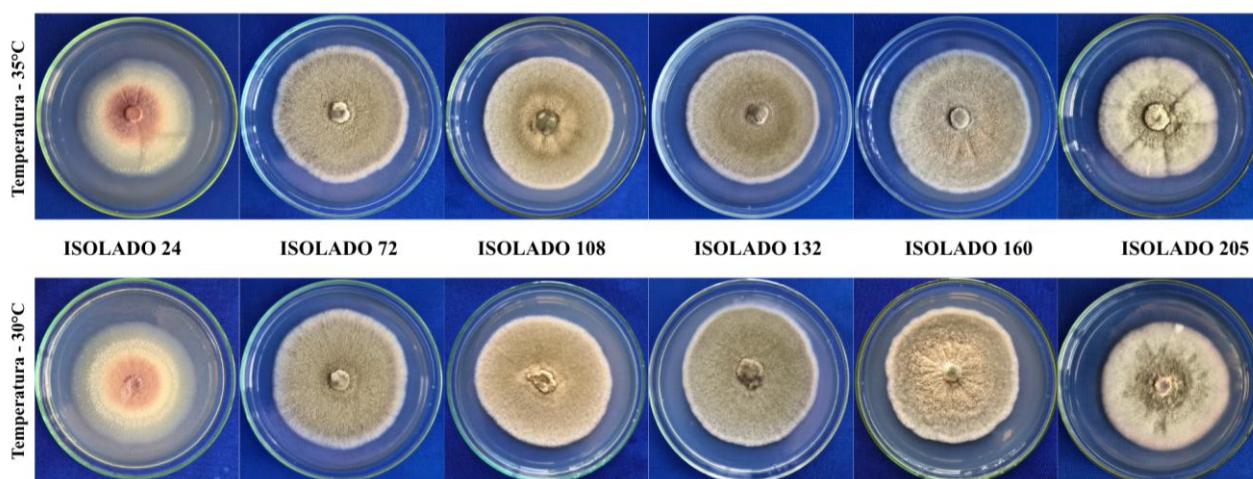


Figura 2 – Paineis comparativos do aspecto macromorfológico de seis isolados de *Chaetomium* spp. após 7 dias de cultivo. Linha inferior: Isolados cultivados a 30 °C. Linha superior: Isolados cultivados a 35 °C. A imagem evidencia a variabilidade fenotípica (interação) na resposta ao estresse térmico.

7.2 Efeito do pH no desenvolvimento de *Chaetomium* spp.

A capacidade dos isolados de *Chaetomium* spp. de crescer em diferentes faixas de potencial hidrogeniônico (pH) foi avaliada, e os resultados indicam uma notável plasticidade fisiológica. A análise de Variância (ANOVA) demonstrou efeito significativo ($p < 0,05$) entre os isolados para cada nível de pH, evidenciando que os isolados possuem respostas distintas à acidez e alcalinidade do meio. Os dados (Teste de Tukey, $p < 0,05$) estão detalhados na Tabela 2.

Tabela 2 – Crescimento Radial Diário (CRd, mm/dia) de seis isolados de *Chaetomium* spp. em função de cinco níveis de pH (5, 6, 7, 8 e 9).

Tratamentos	5	6	7	8	9
24	0,287 b	0,310 c	0,394 d	0,387 cd	0,394 bc
72	0,413 a	0,419 b	0,409 d	0,414 bc	0,412 ab
108	0,390 a	0,402 b	0,453 ab	0,369 d	0,324 d
132	0,383 a	0,391 b	0,413 cd	0,392 cd	0,350 cd
160	0,408 a	0,227 a	0,488 a	0,510 a	0,470 a
205	0,389 a	0,397 b	0,449 bc	0,434 b	0,375 bcd
DMS	0,03043	0,03675	0,03717	0,03441	0,06185
CV%	6,09	6,96	6,51	6,78	12,09

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A resposta de cada isolado ao gradiente de pH foi modelada por regressão polinomial, cujas equações, coeficientes de determinação (R^2) e valores de pH Ótimo (pHótimo) calculados são apresentados na Figura 3.

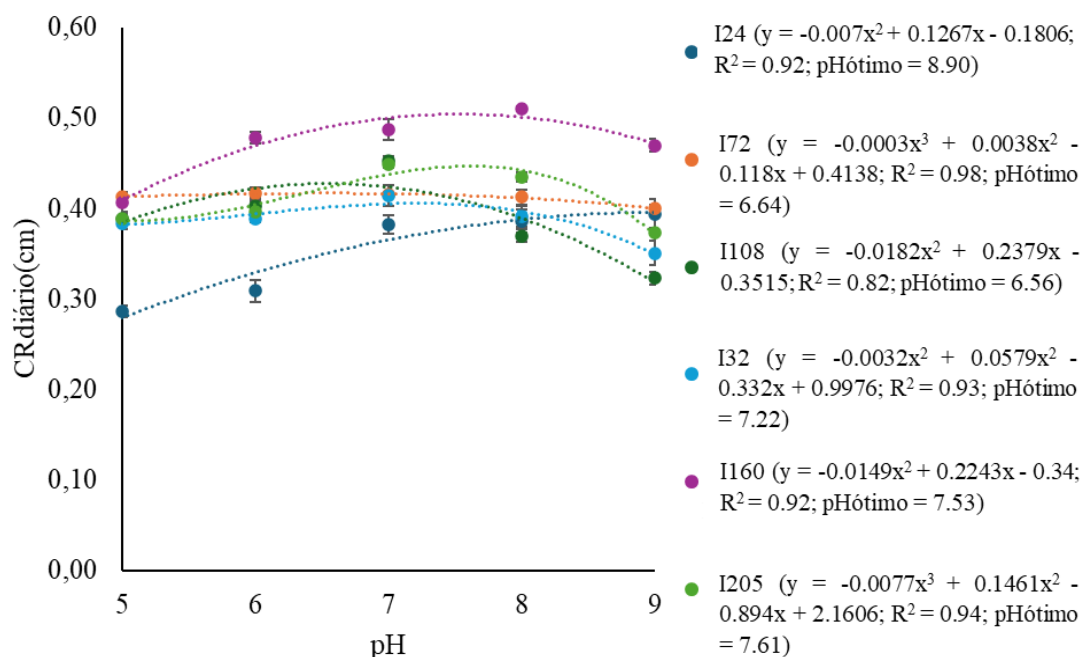


Figura 3 – Modelos de regressão polinomial para o Crescimento Radial Diário (CRd) de seis isolados de *Chaetomium* spp. em função do pH (5 a 9) e estimativa do pH Ótimo (pHótimo).

A principal observação é a ampla capacidade de tolerância dos isolados, que apresentaram crescimento significativo em toda a faixa testada (pH 5.0 a 9.0). Este comportamento é um forte indicativo de adaptação a ambientes com condições de pH flutuantes ou heterogêneas (Ren et al., 2024; Su et al., 2020), como os solos do semiárido.

Os isolados ISO108 (pHótimo 6.56) e o ISO72 (pHótimo 6.64) demonstraram comportamento neutrófilo com preferência por condições levemente ácidas, o que é classicamente descrito para a maioria dos fungos filamentosos. Outros, como o ISO132 (pHótimo 7.22), ISO160 (pHótimo 7.53) e ISO205 (pHótimo 7.61), mostraram preferência pela neutralidade ou leve alcalinidade. O destaque da análise, contudo, é o isolado ISO24, que apresentou um comportamento fisiológico distinto com pH ótimo calculado em 8.90 (Figura 3). Este isolado demonstra uma clara adaptação alcalinófila (ou alcalinotolerante).

O painel macromorfológico (Figura 4) corrobora os dados quantitativos e estatísticos obtidos. Observa-se um padrão de crescimento homogêneo entre os isolados, sendo que os isolados ISO24, ISO72, ISO108, ISO132 e ISO205 apresentam comportamentos similares entre si (Figura 3). Destaca-se desempenho do ISO160, que apresenta pH ótimo em 7,53; contudo, este isolado mantém um crescimento vigoroso e bem definido nas demais faixas testadas.

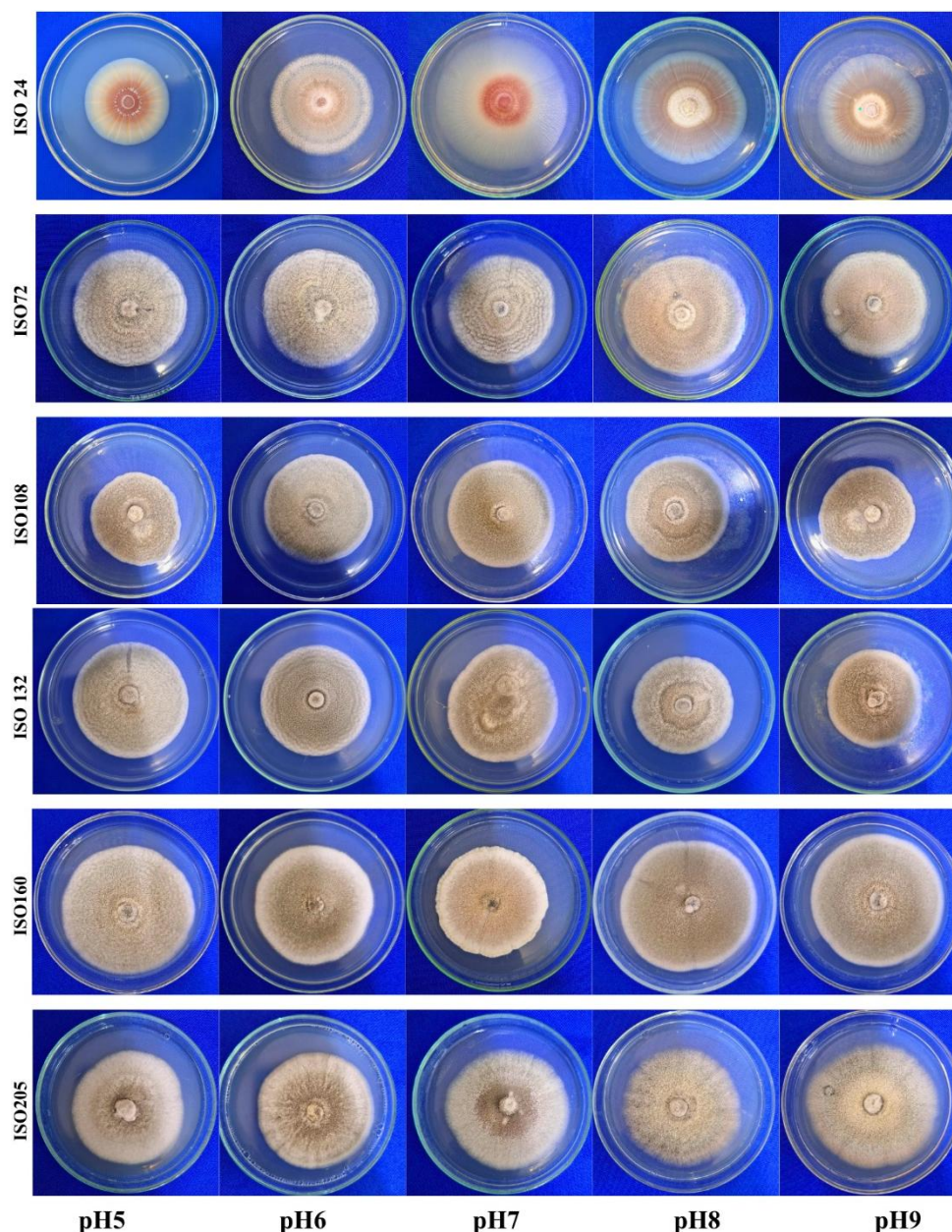


Figura 4 – Painei macromorfológico comparativo dos seis isolados de *Chaetomium* spp. em função do gradiente de pH (colunas 5, 6, 7, 8 e 9). Isolados 24, 72 e 108, 132, 160 e 205.

Como observado visualmente na Figura 4, a resposta fisiológica dos isolados é alinhada aos dados da Tabela 2. O comportamento alcalinófilo do ISO24 é visível, o crescimento micelial sendo progressivamente maior à medida que o pH aumenta, atingindo seu vigor máximo em pH 8.0 e tem um crescimento visivelmente menor em pH 5.0. O ISO 160 que apresenta um crescimento micelial vigoroso no pH 5.0, o ISO108, que valida seu pH ótimo ácido (6.56), também exibe um micélio vigoroso em pH 5.0 e 6.0, mas com crescimento reduzido em pH 9.0.

Os demais isolados demonstram visualmente a ampla tolerância e o vigor em faixas neutras e alcalinas, corroborando seus pHs ótimos mostrados na Figura 3.

A capacidade de fungos tolerarem e até preferirem ambientes alcalinos, como visto no ISO24, é uma característica adaptativa crucial. Solos de regiões semiáridas, especialmente aqueles sujeitos à salinização, frequentemente apresentam pH elevado (Gheyi et al., 2016). A adaptação a este estresse alcalino é um mecanismo extremotolerante (Ahmed et al., 2016). Estudos com *Chaetomium globosum* de origem marinha já demonstraram que este fungo desenvolve mecanismos antioxidantes robustos para lidar com o estresse alcalino (Ravindran; Naveenan, 2011).

Esta diferenciação fisiológica torna-se ainda mais relevante quando comparada a outros agentes de biocontrole proeminentes do semiárido. Em um estudo sobre a adaptabilidade de *Trichoderma* spp., Cavalcante et al. (2025) demonstraram que, embora os isolados também possuíssem ampla tolerância ao pH (5.0 a 9.0), seus picos de crescimento ótimo ocorreram invariavelmente em faixa ácida (pH 5.0 a 6.0). Este achado, em conjunto com os dados do presente trabalho, sugere uma clara diferenciação de nicho entre os fungos de biocontrole: enquanto *Trichoderma* spp. demonstra superioridade adaptativa em solos ácidos, o *Chaetomium* spp. ISO24 apresenta-se como um candidato biotecnológico para a aplicação em solos de reação alcalina (pH > 8.0), que são frequentes na região (Gheyi et al., 2016) e representam um desafio para outros microrganismos.

Em síntese, os isolados de *Chaetomium* spp. demonstraram alta plasticidade fenotípica quanto ao pH, com isolados adaptados a faixas que vão do levemente ácido (pH 6.56) ao francamente alcalino (pH 8.90). Esta diversidade de respostas reflete a heterogeneidade dos microssítios do solo e qualifica o isolado ISO24 como um candidato promissor para aplicação biotecnológica em solos alcalinos do semiárido.

7.3 Tolerância de isolados de *Chaetomium* spp. a diferentes concentrações de salinidade

O estresse salino, reconhecido como um dos principais fatores limitantes em ambientes semiáridos (Gheyi et al., 2016), exerceu efeito significativo ($p < 0,05$) sobre o Crescimento Radial Diário (CRd) dos isolados de *Chaetomium* spp. A ANOVA evidenciou efeito significativo entre os isolados para cada concentração de salinidade, confirmando que cada isolado respondeu de maneira distinta ao gradiente osmótico. As médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) encontram-se na Tabela 3, e a tendência fisiológica geral foi

adequadamente descrita por modelos de regressão linear com elevados coeficientes de determinação (R^2 entre 0,94 e 0,99), conforme ilustrado na Figura 5.

Tabela 3 – Crescimento Radial Diário (CRd, mm/dia) de seis isolados de *Chaetomium* spp. em função de cinco concentrações de salinidade (0,250,500,750 e 1000).

Tratamentos	0 mM	250mM	500mM	750mM	1000mM
24	0,326 b	0,263 d	0,211 ab	0,181 a	0,129 a
72	0,419 a	0,273 d	0,155 c	0,087 c	0,051 d
108	0,401 a	0,337 b	0,231 a	0,180 a	0,119 ab
132	0,403 a	0,313 bc	0,240 a	0,160 a	0,113 ab
160	0,396 a	0,308 c	0,171 bc	0,118 b	0,092 c
205	0,420 a	0,378 a	0,239 a	0,123 b	0,103 bc
DMS	0,05129	0,02746	0,05343	0,14150	0,01972
CV%	9,85	6,67	19,47	15,65	14,77

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

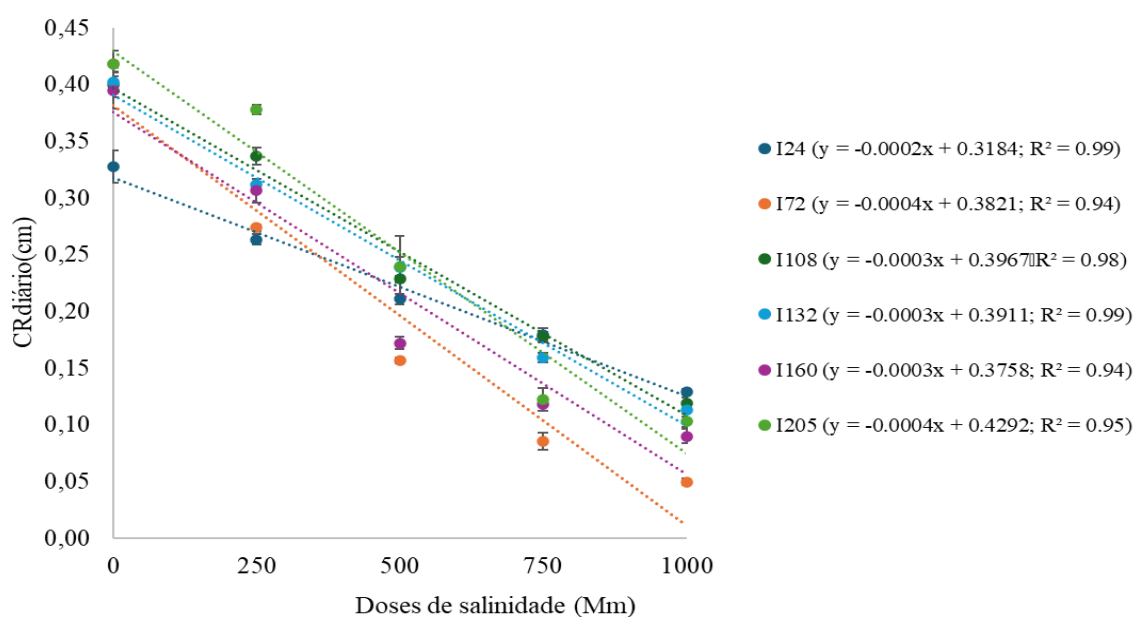


Figura 5 – Modelos de regressão polinomial para o Crescimento Radial Diário (CRd) de seis isolados de *Chaetomium* spp. em função de diferentes concentrações de salinidade.

Os resultados demonstram que todos os isolados foram capazes de resistir crescer mesmo na concentração máxima de 1000 mM, evidenciando halotolerância generalizada dentro do gênero. Contudo, a intensidade da redução no CRd variou amplamente entre os isolados. Aos 1000 mM, os valores de CRd oscilaram entre 0,129 mm/dia (ISO24) e 0,051 mm/dia

(ISO72), correspondendo a reduções relativas de aproximadamente 60% e 88%, respectivamente, quando comparados aos valores obtidos em ausência de sal. Assim, o isolado ISO24 destacou-se como o mais tolerante ao estresse salino, enquanto o ISO72 apresentou a maior sensibilidade, com acentuada queda de crescimento a partir de 500 mM.

Os isolados ISO108, ISO132, ISO160 e ISO205 exibiram respostas intermediárias, mantendo crescimento reduzido, porém detectável, em todas as concentrações avaliadas. A consistência entre as médias experimentais e as retas ajustadas reforça o padrão biológico de declínio linear e progressivo do crescimento micelial com o aumento da salinidade.

O painel macromorfológico apresentado na Figura 6. complementa os dados quantitativos, revelando uma diminuição visualmente evidente no diâmetro e na densidade do micélio ao longo do gradiente salino. Essa redução é mais pronunciada nos isolados sensíveis, como o ISO72, enquanto isolados mais tolerantes, como o ISO24, mantêm maior expansão micelial mesmo sob forte estresse osmótico.

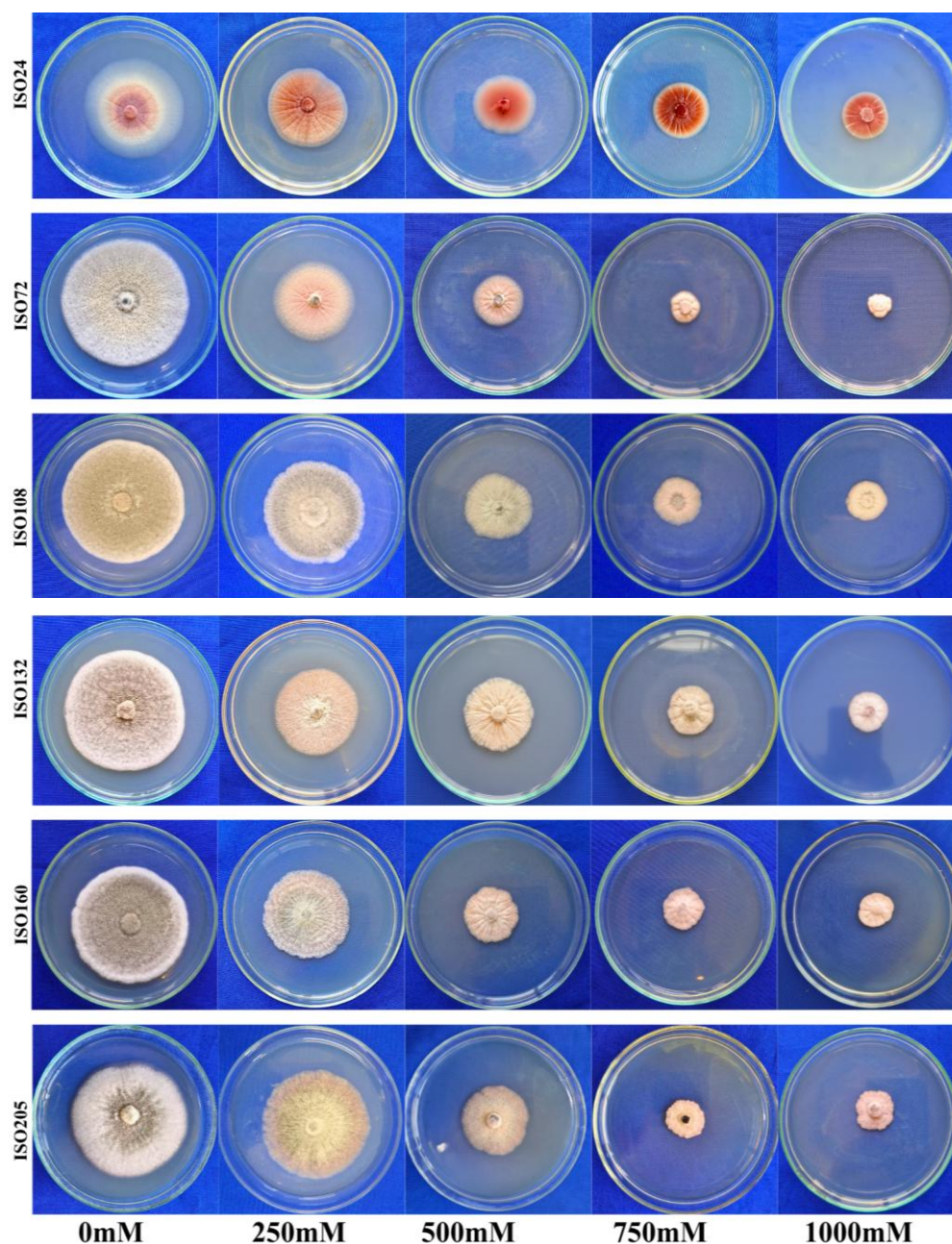


Figura 6 – Painel macromorfológico comparativo dos seis isolados de *Chaetomium* spp. em função do gradiente de salinidade (colunas 0, 250, 500, 750 e 1000 mM).

Apesar de observar que o estresse salino exerceu efeito significativo ($p < 0,05$) sobre o crescimento radial diário (CRd) dos isolados de *Chaetomium* spp., com a tendência fisiológica adequadamente descrita por modelos de regressão linear (R^2 entre 0,94 e 0,99). todos os isolados foram capazes de resistir na concentração máxima de 1000mM. Sob a perspectiva agrônômica, a conversão dessa molaridade para Condutividade Elétrica (CE) revela a tolerância desses isolados em realidade de campo. Segundo Gheyi et al. (2016), adota-se a relação de $10\text{mmol/L} \approx 1,0\text{dS/m}$ para soluções salinas simples, como NaCl. Dessa forma, o tratamento de 1000mM equivale a aproximadamente 100dS/m. Esse valor representa o dobro de salinidade média da água do mar ($\approx 50\text{dS/m}$) e superando amplamente o limiar crítico de $4,0\text{dS/m}$ considerado restritivo para a maioria dos sistemas agrícolas no semiárido e evidenciando a elevada tolerância salina dos isolados avaliados.

8 CONCLUSÃO

Os isolados de *Chaetomium* spp. apresentaram adaptabilidade fisiológica in vitro, tolerando amplas faixas de temperatura, com temperaturas ótimas estimadas em $31,74^\circ\text{C}$ (ISO108), $32,58^\circ\text{C}$ (ISO24), $32,59^\circ\text{C}$ (ISO205), $32,93^\circ\text{C}$ (ISO132), $33,11^\circ\text{C}$ (ISO72) e $33,29^\circ\text{C}$ (ISO160), bem como diferentes faixas de pH ótimo, correspondentes a 6,56 (ISO108), 6,64 (ISO72), 7,22 (ISO132), 7,53 (ISO160), 7,61 (ISO205) e 8,90 (ISO24). Em relação à salinidade, todos os isolados mantiveram crescimento micelial ao longo de todas as concentrações avaliadas, apresentando redução linear do CRd em função do aumento das concentrações. O isolado ISO160, apresentou a melhor resposta combinada aos estresses abióticos testados.

9 REFERÊNCIAS

- ABOU ALHAMED, M. F.; SHEBANY, Y. M. Endophytic *Chaetomium globosum* enhances maize seedling copper stress tolerance. **Plant Biology**, v. 14, n. 5, p. 859-863, 2012. DOI: 10.1111/j.1438-8677.2012.00608.x.
- AHMED, S. A. et al. *Chaetomium*-like fungi causing opportunistic infections in humans: a possible role for extremotolerance. **Fungal Diversity**, v. 76, p. 11-26, 2016. DOI: 10.1007/s13225-015-0338-5.
- BYANJANKAR, T. G. et al. Salt tolerance of *Chaetomium globosum*, a common indoor mold. **BIOS**, v. 93, n. 1, p. 1-11, 2022. DOI: 10.1893/BIOS-D-19-00026.

- CANUTO, K. M. et al. **Fungos endofíticos: perspectiva de descoberta e aplicação de compostos bioativos na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. (Documentos, 154).
- CAO, C. et al. The effects of temperature, pH, and salinity on the growth and dimorphism of *Penicillium marneffei*. **Medical Mycology**, v. 45, p. 401-407, 2007.
- CARVALHO, C. R. de. **Diversidade e bioprospecção de fungos endofíticos associados à plantas bioativas do Brasil e Estados Unidos**. 2015. Tese (Doutorado em Microbiologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.
- CAVALCANTE, A. L. A. **Adaptability and pathogenicity of *Monosporascus* species in cucurbits**. 2021. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2021.
- CAVALCANTE, A. L. A. et al. Characterization of five new *Monosporascus* species: adaptation to environmental factors, pathogenicity to cucurbits and sensitivity to fungicides. **Journal of Fungi**, v. 6, n. 3, p. 169, 2020. DOI: 10.3390/jof6030169.
- CAVALCANTE, A. L. A. et al. Adaptability and sensitivity of *Trichoderma* spp. isolates to environmental factors and fungicides. **Microorganisms**, v. 13, n. 7, p. 1689, 2025. DOI: 10.3390/microorganisms13071689.
- COSTA, T. E. da et al. Genetic similarity of *Macrophomina pseudophaseolina* isolates associated with weeds in the Brazilian semiarid region. **Caatinga**, v. 33, n. 4, 2020. DOI: 10.1590/1983-21252020v33n405rc.
- CRUZ, J. M. F. L. **Murcha de fusário do caupi: caracterização do patógeno e potencial de *Trichoderma* spp. no manejo**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2021.
- EL-NAHAS, G. A. et al. Diversity of endophytic fungi from extreme habitats and their promising biochemical markers. **Alfarama Journal of Basic & Applied Sciences**, v. 6, n. 2, p. 139-156, 2025. DOI: 10.21608/ajbas.2025.352772.1245.
- ELKHATEEB, W. A. et al. Highlights on *Chaetomium* morphology, secondary metabolites and biological activates. **Journal of Pharmaceutics and Pharmacology Research**, v. 4, n. 1, 2021. DOI: 10.31579/2693-7247/033.
- GALLARDO, K. et al. The ecological coherence of temperature and salinity tolerance interaction and pigmentation in a non-marine *Vibrio* isolated from Salar de Atacama. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 1943, 2016. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01943.
- GHEYI, H. R. et al. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016.
- GOWTHAM, H. G. et al. Fungal endophytes as mitigators against biotic and abiotic stresses in crop plants. **Journal of Fungi**, v. 10, n. 2, p. 116, 2024. DOI: 10.3390/jof10020116.
- Jl, P. et al. Low-temperature adaptation of *Chaetomium madrasense*, a symbiotic gut fungus of amphipods in the Mariana Trench: cellulase activity and transcriptome analysis. **Frontiers in Marine Science**, v. 12, p. 1602692, 2025. DOI: 10.3389/fmars.2025.1602692.
- MAGALHÃES, S. C. ***Chaetomium* spp.: filogenia e controle biológico de fungos fitopatogênicos transmissíveis por sementes**. 2013. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

- MORALES-VARGAS, A. T. et al. Endophytic fungi for crops adaptation to abiotic stresses. **Preprints.org**, 2024. DOI: 10.20944/preprints202402.1287.v1.
- MOYA, P. et al. Antagonism and modes of action of *Chaetomium globosum* species group, potential biocontrol agent of barley foliar diseases. **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, v. 51, n. 4, p. 569-578, 2016.
- NEGREIROS, A. M. P. **Diversidade genética e adaptabilidade de *Monosporascus* e *Macrophomina* isolados de plantas daninhas em áreas de cucurbitáceas**. 2019. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019.
- NEGREIROS, A. M. P. et al. Characterization of adaptability components of Brazilian isolates of *Macrophomina pseudophaseolina*. **Journal of Phytopathology**, v. 168, n. 11-12, p. 620-629, 2020. DOI: 10.1111/jph.12927.
- RACCHI, I. et al. Combined effect of water activity and pH on the growth of food-related ascospore-forming molds. **Annals of Microbiology**, v. 70, p. 69, 2020. DOI: 10.1186/s13213-020-01612-6.
- RAVINDRAN, C.; NAVEENAN, T. Adaptation of marine derived fungi, *Chaetomium globosum* (NIOCC 36), under alkaline stress using antioxidant properties. **Process Biochemistry**, v. 46, p. 847-857, 2011.
- REN, M. et al. Trait-environmental relationships reveal microbial strategies of environmental adaptation. **Ecology**, v. 105, n. 5, e4268, 2024. DOI: 10.1002/ecy.70047.
- SIMONETTI, F. L. **Caracterização e identificação taxonômica de fungos do gênero *Cladosporium* isolados de amostras marinhas e terrestres da Antártica**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Microbiologia Aplicada) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2023.
- SOYTONG, K. et al. *Chaetomium* application in agriculture. In: **IntechOpen**, 2021. DOI: 10.5772/intechopen.99402.
- SPINELLI, V. **Bioresources for a sustainable agriculture: potentialities of *Minimedusa polyspora* and *Chaetomium globosum* as plant growth promoting fungi**. 2021. Tese (PhD in Environmental and Evolutionary Biology) – Sapienza Università di Roma, Roma, 2021.
- SU, C.-J. et al. Salinity, pH and temperature growth ranges of *Halophytophthora* isolates suggest their physiological adaptations to mangrove environments. **Mycology**, v. 11, n. 3, p. 256-262, 2020. DOI: 10.1080/21501203.2020.1714768.
- TIAN, Y. et al. Mechanisms in growth-promoting of cucumber by the endophytic fungus *Chaetomium globosum* strain ND35. **Journal of Fungi**, v. 8, n. 2, p. 180, 2022. DOI: 10.3390/jof8020180.