

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS– CECA/UFAL
ENGENHARIA AGRONÔMICA

Caracterização morfológica e molecular de *Fusarium oxysporum* latu sensu
associadas a mancha-marrom da palma forrageira miúda

Rio Largo – AL

2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CECA/UFAL
ENGENHARIA AGRONÔMICA

Pedro Henrique Mesquita Melo

Caracterização morfológica e molecular de *Fusarium oxysporum* latu sensu
associadas a mancha-marrom da palma forrageira miúda

Trabalho Acadêmico de
conclusão de Curso
Apresentado a Universidade
Federal de Alagoas, como
requisito para obtenção de grau
em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof.
Dr. Gaus Silvestre de
Andrade Lima

Rio Largo – AL

FICHA CATALOGRÁFICA

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Stefano João dos Santos

M586c Melo, Pedro Henrique Mesquita

Caracterização morfológica e molecular de fusarium oxyporum latu sensu associadas a mancha-marrom da palma forrageira miúda / Pedro Henrique Mesquita Melo. – Rio Largo - Al, 2026.

39 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) Universidade Federal de Alagoas, Campus Ceca – Rio largo, 2026.

Orientador: Prof. Dr. Gaus Silvestre de Andrade Lima

1 eletrólise; eficiência; densidade de corrente; potência elétrica..

CDU: 631.95

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CECA/UFAL
ENGENHARIA AGRONÔMICA

Caracterização morfológica e molecular de *Fusarium oxysporum* latu sensu
associadas a mancha-marrom da palma forrageira miúda

Trabalho Acadêmico de
conclusão de Curso
Apresentado a Universidade
Federal de Alagoas, como
requisito para obtenção de grau
em Engenharia Agrônômica.

Data da defesa: 08/06/2026

Conceito: 9,5

 Documento assinado digitalmente
GAUS SILVESTRE DE ANDRADE LIMA
Data: 30/06/2026 18:12:28-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Gaus Silvestre de Andrade Lima

Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA)

 Documento assinado digitalmente
IARA MARIA DOS SANTOS COSTA LUNA
Data: 24/06/2026 18:55:58-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Msc. Iara Maria dos Santos Costa

Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA)

 Documento assinado digitalmente
ALLANA CAROLINE BONFIM COSTA
Data: 24/06/2026 18:19:03-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Msc. Allana Caroline Bonfim Costa

Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA)

Rio Largo – AL

2026

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me dar força, saúde e sabedoria para enfrentar todos os desafios que surgiram ao longo dessa caminhada. Sem a Sua presença em minha vida, eu não teria conseguido chegar até aqui. Aos meus pais, deixo minha eterna gratidão por todo amor, apoio e incentivo. Em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis, vocês acreditaram em mim e me deram forças para continuar. Essa conquista também é de vocês, que nunca deixaram que eu desistisse dos meus sonhos.

Agradeço a minha noiva por estar ao meu lado durante toda essa trajetória. Obrigado pela paciência, pelo carinho, pelas palavras de incentivo e por acreditar em mim até quando eu mesmo duvidei. Seu apoio foi fundamental para que eu conseguisse seguir em frente e concluir mais essa etapa da minha vida.

À Iara e ao Fred, muito obrigado por toda a paciência, pelos ensinamentos compartilhados e por sempre me incentivar a buscar meus objetivos. Vocês tiveram uma participação muito importante na minha formação, contribuindo não apenas com conhecimento, mas também com motivação e confiança para que eu continuasse evoluindo.

Ao Laboratório de Fitopatologia, agradeço por todo o suporte, aprendizado e experiências proporcionadas durante esse período. Cada atividade desenvolvida e cada conhecimento adquirido contribuíram de forma significativa para minha formação acadêmica e profissional.

Agradeço a todos que fizeram parte da minha caminhada. Cada palavra de apoio, cada conselho e cada ajuda recebida tiveram importância para que este momento se tornasse realidade. Levo comigo todo o aprendizado e a gratidão por aqueles que contribuíram para essa conquista.

RESUMO

A palma forrageira miúda (*Nopalea cochenillifera*) é uma das principais fontes de alimentação animal nas regiões semiáridas do nordeste brasileiro, se destacando por sua alta adaptação às condições de escassez hídrica. Entretanto, a ocorrência de doenças tem representado uma importante limitação para a produção dessa cultura, principalmente a mancha-marrom, doença que provoca lesões nos cladódios e reduz o potencial produtivo das plantas. O objetivo deste trabalho foi identificar e caracterizar o agente causal associado à mancha-marrom da palma forrageira miúda em áreas produtoras dos estados de Alagoas e Pernambuco. Amostras de cladódios com sintomas da doença foram coletadas para obtenção dos isolados fúngicos. A caracterização molecular foi realizada por meio do sequenciamento das regiões gênicas EF1- α e RPB2, seguido de análises filogenéticas. As avaliações morfoculturais e testes de patogenicidade foram conduzidas para ser feito a confirmação da identidade e da capacidade de infecção dos isolados. As análises moleculares, associadas às características morfológicas observadas, permitiram identificar os isolados como *Fusarium triseptatum*, espécie pertencente ao complexo *Fusarium oxysporum*. Os testes de patogenicidade mostraram sintomas característicos da doença, confirmando a associação do fungo com a mancha-marrom da palma forrageira miúda. Os resultados obtidos ampliam o conhecimento sobre a etiologia da doença e contribuem para o desenvolvimento de estratégias futuras de monitoramento e manejo fitossanitário da cultura. Este estudo constitui o primeiro relato de *Fusarium triseptatum* associado à mancha-marrom da palma forrageira miúda.

Palavras-chave: *Nopalea cochenillifera*; mancha-marrom; *Fusarium triseptatum*; *Fusarium oxysporum* species complex; fitopatologia.

ABSTRACT

The dwarf forage palm (*Nopalea cochenillifera*) is one of the main sources of animal feed in the semi-arid regions of northeastern Brazil, noted for its high adaptability to water-scarce conditions. However, the occurrence of diseases has represented a significant limitation to the production of this crop, particularly brown spot, a disease that causes lesions on the cladodes and reduces the plants' productive potential. The objective of this study was to identify and characterize the causal agent associated with brown spot of the small forage palm in production areas of the states of Alagoas and Pernambuco. Samples of cladodes with disease symptoms were collected to obtain fungal isolates. Molecular characterization was performed by sequencing the EF1- α and RPB2 gene regions, followed by phylogenetic analyses. Morphocultural evaluations and pathogenicity tests were conducted to confirm the identity and infectivity of the isolates. Molecular analyses, combined with the observed morphological characteristics, allowed the isolates to be identified as *Fusarium triseptatum*, a species belonging to the *Fusarium oxysporum* complex. Pathogenicity tests revealed symptoms characteristic of the disease, confirming the fungus's association with brown spot of dwarf forage palm. The results obtained expand knowledge regarding the etiology of the disease and contribute to the development of future strategies for monitoring and phytosanitary management of the crop. This study constitutes the first report of *Fusarium triseptatum* associated with brown spot of the dwarf forage palm.

Keywords: *Nopalea cochenillifera*; brown spot; *Fusarium triseptatum*; *Fusarium oxysporum* species complex; plant pathology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Árvore filogenética de Inferência Bayesiana baseada em sequências concatenadas dos genes EF1- α e RPB2. *F. foetens* (CBS 120665) e *F. udum* (CBS 177.31) foi utilizada como grupo externo. Os isolados provenientes desse estudo estão marcados em negrito.

Figura 2: Sintomas de mancha-marrom em palma miúda no campo (A). Teste de patogenicidade em cladódios destacados de palma miúda (B). Testemunha (C). Colônia da espécie *F. triceptatum*, verso e reverso (D). Clamidósporos e macroconídios (E). Microconídios.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos primers utilizados na identificação das espécies de *Fusarium*.

Tabela 2: Sequências de *Fusarium* spp. obtidas no banco de dados não redundante Genbank.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Cultura da palma forrageira.....	11
2.2 Importância econômica	13
2.3 Principais doenças da palma.....	14
2.4 Gênero <i>Fusarium</i>	15
MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Obtenção dos Isolados.....	19
3.2 Caracterização molecular	20
3.3 Caracterização morfocultural.....	22
3.4 Teste de Patogenicidade	22
4. RESULTADOS.....	23
4.1 Caracterização molecular	23
4.2 Caracterização Morfocultural	25
4.3 Teste de Agressividade	25
5. DISCUSSÃO.....	26
6. CONCLUSÃO	27
7. REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

Originária do México, a palma forrageira foi introduzida no Brasil no século XIX, com a finalidade de produzir o corante carmim, porém, o insucesso levou a cultura a ser explorada de diferente maneira ao longo do tempo, principalmente como forrageira (MARQUES et al., 2017; NUNES, 2011; SANTOS et al., 2012). A palma forrageira, com destaque para a espécie *Nopalea cochenillifera*, possui uma grande relevância para os sistemas produtivos das regiões semiáridas, principalmente no Nordeste brasileiro. Sua adaptação às condições do semiárido está relacionada ao seu metabolismo fotossintético CAM, que proporciona maior eficiência no uso da água, além de ter uma elevada capacidade de armazenamento hídrico (SILVA; SANTOS, 2006).

Nesse contexto, a palma forrageira passou a ser uma das principais fontes de alimentação para rebanhos no semiárido nordestino durante os períodos de estiagem, além de impulsionar a pecuária e gerar renda aos produtores (NEVES et al., 2010; LEITE et al., 2018). Além da sua importância como forrageira, a cultura apresenta uma variedade de aplicações, como na alimentação humana (DANTAS et al., 2017), na fabricação de polpa, sucos, doces e vitaminas (BARBOSA et al., 2012), na fabricação de medicamentos (CÂNDIDO FILHO et al., 2014;), e na conservação de solos (ROCHA, 2012).

Porém, a cultura está sujeita a vários fatores que dificultam seu desempenho produtivo, como as doenças que afetam os cladódios, principalmente as de origem fúngicas. Dentre estas, a mancha marrom se destaca pela sua ampla ocorrência, sendo considerada a principal doença da palma miúda no nordeste brasileiro (LIMA et al., 2011; SANTOS et al., 2006). A doença é caracterizada por manchas de coloração marrom a preta nos cladódios, que podem se estender de uma face a outra, causando perfurações devido à queda do tecido infectado, podendo causar que dos cladódios (SWART, 2003; SANTOS et al., 2006; LIMA et al., 2011; BARBOSA et al., 2012; CONFORTO et al., 2016).

Estudos anteriores, demonstraram que espécies do gênero *Fusarium* tem sido frequentemente associado à mancha-marrom da palma miúda (FLORES-FLORES et al., 2013; FEIJÓ, 2016). Esse gênero fúngico se destaca pela ampla distribuição geográfica, elevada diversidade genética e capacidade de infectar diferentes hospedeiros (BURGESS et al., 1996; KVAS et al., 2009).

A identificação de suas espécies tem evoluído ao longo do tempo, passando de abordagens baseadas em características morfológicas para métodos moleculares mais precisos, especialmente por meio de análises multilocus, que permitem uma maior resolução

taxonômica (O'DONNELL et al., 2009; AOKI et al., 2014). Atualmente, com base nas análises filogenéticas são reconhecidos 23 complexos de espécies de *Fusarium*, dentre os quais o complexo *oxysporum* é um dos mais importantes, por agrupar espécies altamente destrutivas para diversas culturas de importância agrícolas (AOKI et al., 2014, KAMIL et al., 2025).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo caracterização morfológica e molecularmente espécies de *Fusarium* associadas à mancha-marrom da palma forrageira miúda no estado de Alagoas e Pernambuco.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da palma forrageira

A palma forrageira faz parte da divisão Embryophyta, da Sub-divisão Angiospermea, Classe Dicotyledoneae, Sub-classe Archiclamidae, da Ordem Opuntiales e família Cactaceae, abrangendo cerca de 178 gêneros e aproximadamente 2000 espécies (Silva e Santos, 2006), sendo *Opuntia* e *Nopalea* os gêneros mais usados como plantas forrageiras no mundo (Padilha Junior et al., 2016).

Tendo a sua origem do México, foi inserida no Brasil, no estado de Pernambuco no século XIX pelos portugueses, com a finalidade de ser hospedeira da Cochonilha do Carmim, para a produção do corante do carmim (Marques et al., 2017; Araújo et al., 2005; Nunes, 2011). A produção não teve muitos resultados, então a palma começou a ser usada como planta ornamental, fazendo a decoração de vários ambientes (Santos et al., 2006). Já no século XX, em meados de 1932, a cultura passou a ter interesse como planta forrageira, sendo distribuídas nas regiões semiáridas do nordeste brasileiro (Lima et al., 2001).

São espécies xerófilas, com características de adaptações às condições edafoclimáticas adversas do semiárido. A sua fisiologia tem como destaque a realização do processo fotossintético, chamado metabolismo CAM, oferecendo uma maior eficiência no uso da água, podendo chegar a valores de até 11 vezes maiores que a plantas com metabolismo C3. Algumas variedades apresentam maior capacidade de armazenamento hídrico, chegando a acumular até 90% do seu peso em água (CAVALCANTE et al., 2014; SANTOS et al. 2006).

A cultura destaca-se pela alta produção de matéria verde., onde a cultivar miúda pode ter uma produtividade média de 68 t ha⁻¹ ano⁻¹, já a cultivar redonda pode chegar a aproximadamente 175 t ha⁻¹ ano⁻¹, porem ambas chegam a um cultivo de 20.000 plantas

por hectare (VASCONCELOS et al., 2007; FARIAS et al., 2000), tendo um papel fundamental no manejo da produtividade e na sustentação dos animais, principalmente em pequenos produtores rurais, como a maioria das suas propriedades se encontram na região semiárida (Ramos et al. 2017). Para uso forrageiro, há prevalência de três espécies no Brasil, sendo: A palma gigante, a redonda e sobretudo a palma miúda (Seagri, 2018). A palma gigante *Opuntia ficus-indica* também chamada de Graúda, possui um porte médio, caule ereto, tendo poucas ramificações. Seus cladódios são grandes, por conta disso se tem o nome gigante, tendo um peso variável de 1,0 a 2,0 kg com cerca de 40 a 50 cm de comprimento. Suas flores são hermafroditas com uma pigmentação amarelada, o seu fruto é uma baga ovoide podendo variar sua cor entre amarelo e roxo quando está na sua fase madura. Essa cultivar possui uma boa resistência à alto nível de seca e uma boa produtividade, porém não possui um alto valor nutricional quando se comparado com as outras cultivares, por conta disso ela não é tão aceita pelos animais como as outras (Santos et al., 1997; Farias et al., 2005; Silva; Santos, 2006).

A *O. stricta*, cultivar redonda, tem um porte médio, um caule bem ramificado nas suas laterais. Seus cladódios possuem um formato ovoide e arredondado, com um peso médio entre 1,8 a 2,0 kg tendo cerca de 4,0 cm de comprimento. Essa cultivar possui uma maior resistência a seca, e um alto rendimento na sua produtividade, garantindo assim uma alta aceitação para os animais. Contudo, esta variedade possui mais vulnerabilidade à cochonilha-do-carmim, tirando assim o valor do plantio (Silva; Santos, 2006; Vasconcelos et al., 2007; Lopes et al., 2012).

Também conhecida como palma doce, a palma miúda *Nopalea cochenilifera*, é uma espécie arbustiva, diferente das outras, ela tem um tamanho menor, seu caule é bem ramificado, cladódios com uma forma obovada, pode pesar cerca de 350g com 25 cm de comprimento. Suas flores com uma coloração vermelha, seus frutos tipo baga, com uma pigmentação variando entre vermelho e roxo. Quando se é comparada com os outros tipos de cultivar, ela se destaca em ser mais nutritiva e mais apetitosa para os animais, porém não possui uma boa resistência ao período de seca (Neves et al., 2010; Gusha et al., 2013). Essa cultivar necessita de uma maior fertilidade do solo, adubação, umidade e temperaturas menores no período noturno. Sobre tudo, ela possui uma maior produção de matéria seca, tendo destaque em ter uma maior resistência a cochonilha-do-carmim (Santos et al., 1990; Albuquerque, 2000; Santos et al., 2001; Vasconcelos et al., 2009).

As espécies de palmas forrageiras que possuem uma maior predominância nessas regiões têm origem dos gêneros *Opuntia* spp. e *Nopalea* spp. Por conta da mudança

climática encontrada no semiárido, interferindo diretamente na produção das lavouras (Liu e Song, 2020), o gênero *Nopalea* spp. necessita de um ambiente com temperaturas agradáveis, e uma maior quantidade de água no seu ciclo, para que as mudas se desenvolvam e elevem a sua produtividade (Oliveira et al., 2018; Edvan et al., 2020).

Tendo em vista que uma boa parte da palma forrageira se encontra em regiões semiáridas pelo fato de ter uma maior adaptação, possui uma maior demanda pelos produtores, por conta do seu custo baixo de implantação e da segurança de colheita. O gênero *Opuntia* possui um grande número de espécies que tem um bom potencial para ser utilizado nesse tipo de cultivo (Ramos et al., 2021).

2.2 Importância econômica

No Brasil, é registrado cerca de 129.543 estabelecimentos agropecuários que são voltados para o cultivo dessa cultura. A produção chega a 2.875.034 toneladas, se distribuindo em uma área colhida de aproximadamente 96.900 hectares. O valor dessa produção pode chegar a cerca de R\$ 292,6 milhões, mostrando o impacto da cultura para o setor agropecuário brasileiro (IBGE, 2017). Já o estado de Alagoas, tem uma grande participação na produção nacional. Possuindo uma média de 5.165 estabelecimentos agropecuários produtores da palma forrageira, chegando a uma produção máxima de 278.951 toneladas por ano. Tendo a sua área colhida de 6.591 hectares, com a sua produção chegando a R\$ 24,4 milhões anuais (IBGE, 2017).

A palma forrageira possui níveis de rendimento, sendo de 6,5 a 17,5 toneladas de matéria seca (MS) / ha, a cada dois anos depois do plantio, podendo ter uma variação maior ou menor, a depender da variedade (AMORIM et al., 2015; SOUZA et al., 2017).

Essa cultura possui uma grande variedade de usos além de forrageira, podendo ser utilizada tanto na alimentação humana, como uma fonte de energia, tendo um proveito na medicina e na indústria de cosméticos. Se destacando em aplicações como a proteção e conservação do solo, sendo utilizada também na produção de adesivos, colas, fibras para uso de artesanato, papel, corante, mucilagem e para fins ornamentais (BARBERA, 2001).

Porém, no Brasil, o consumo na alimentação humana possui um preconceito, possuindo um valor bem limitado, sendo ainda associada à alimentação animal. Mesmo tendo um valor nutricional bem elevado, superando alimentos como couve, beterraba e banana, e possuindo um menor custo (NUNES, 2011).

No México e Estados Unidos, essa cultivar tem como foco a produção de frutos. Já no Norte da África, tem como objetivo o uso para controlar a erosão do solo e à

alimentação animal nos períodos de seca. Ao mesmo tempo, é observado um alto interesse em utilização não alimentar, principalmente na área médica. Pesquisas mostram que a ingestão do extrato de *O. fícus-indica* pode trazer efeitos benéficos, como um melhor crescimento e a diminuição do colesterol total, sem trazer alterações negativas nos níveis de glicose e lipídeos sanguíneos (MALAININE et al., 2003), o uso fitoterápico da palma forrageira pode ajudar na eliminação de toxinas derivado do álcool e do tabaco, contribuindo também para o metabolismo de gorduras. Possuindo um grande teor de fibras solúveis e insolúveis que favorecem o funcionamento adequado do sistema digestivo, atuando também na diminuição da concentração de substâncias com potencial cancerígenas no organismo (NUNES, 2011).

2.3 Principais doenças da palma

A ocorrência de podridões e manchas nos cladódios da palma forrageira tem sido relatada em diversos estudos, podendo comprometer significativamente o seu potencial produtivo (Flores-Flores et al., 2013; Feijó et al., 2014).

Entre os apodrecimentos em cladódios, tem: Podridão de *Fusarium* normalmente ligada às espécies *F. solani* e *F. oxysporum*, ao fungo *Lasiodiplodia theobromae* se associando a podridão negra, a podridão de *Macrophomina* estando ligada ao fungo *Macrophomina phaseoline*, Podridão do pé constantemente causada por *Phytophthora cactorum* e *P. nicotianae* e *Pythium aphanidermatum* (Cacciola; Magnano, 1988; Granata, 2001; Feijó et al., 2016; Menezes et al., 2005; Santos et al., 2006; Santiago et al., 2018; Franco e Ponte, 1980; Ponte et al., 1983; Barbera et al., 2001; Coelho, 2006; Souza et al., 2010;).

Em relação a manchas de cladódios, são reconhecidas a mancha negra e a mancha marrom. A mancha negra tem um maior nível de atividade relatado no México em *O. fícus-indica* sendo associada a vários gêneros fúngicos como *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Curvularia*, *Fusarium* e *Pseudocercospora* (Méndez-Gallegos et al., 2009; Souza et al., 2010; Barbosa et al., 2012; Flores-Flores et al., 2013).

A mancha marrom (Cladode Brown Spot – CBS), conhecida anteriormente como mancha de *Alternaria*, foi primeiramente relatada no ano de 2001, no município de São Bento do Una – Pernambuco. Desde então surgiram vários relatos desta doença, com uma frequência de 70% na grande maioria das áreas de cultivo (Lima et al., 2011; Barbosa et al., 2007). A doença apresenta sintomas como uma mancha com pigmentação marrom e preta nos cladódios, com formatos circulares ou elípticas, o seu tamanho sendo de 1,0 –

3,0cm de diâmetro. Algumas lesões podem chegar ao outro lado do cladódio, mostrando perfurações por conta da queda do tecido que foi infectado. As manchas podem se unir, criando áreas maiores necrosadas fazendo assim cair os cladódios (Swart; Swart, 2003; Santos et al., 2006).

De acordo com Feijó (2016), não só o gênero *Alternaria* mas os gêneros *Colletotrichum*, *Diaporthe*, *Fusarium*, *Lasiodiplodia*, *Macrophomina*, *Neofusicoccum* e *Neopestalotiopsis*, estão interligados a mancha marrom nos estados de Alagoas e Pernambuco. Feijó diz que os isolados que pertencem ao gênero *Fusarium* teve um resultado mais agressivo nos testes de patogenicidade realizados.

2.4 Gênero *Fusarium*

O gênero *Fusarium* faz parte da família Nectriaceae, da ordem Hypocreales, da classe Sordariomycetes (Index Fungorum, 2018). A primeira classificação de espécies de *Fusarium* foi feita por Wollenweber e Reinking (1935), dando-se o nome de "Die Fusarien", sendo encontradas 65 espécies, 55 variedades e 22 formae speciales, estando organizadas em 16 seções, desde então, já foram identificadas mais de 1000 espécies (Cabral, 2012).

O gênero *Fusarium* constitui um dos principais grupos de fungos ascomicetos (KVAS et al., 2009). Apresenta ampla distribuição geográfica, sendo encontrado em diferentes ambientes ao redor do mundo, desde regiões desérticas até áreas árticas e montanhosas (BURGESS et al., 1996). Espécies desse gênero são capazes de infectar uma grande diversidade de hospedeiros, colonizando tanto tecidos vegetativos quanto reprodutivos das plantas. Essa ampla capacidade de infecção resulta em uma grande variabilidade de sintomas, o que dificulta o diagnóstico e o manejo das doenças associadas (MILANESI, 2009; NAYAKA et al., 2011).

Diversas culturas de importância econômica são suscetíveis à infecção por *Fusarium*, destacando-se a soja (*Glycine max* L.), o algodão (*Gossypium hirsutum*), o feijão (*Phaseolus vulgaris*), o arroz (*Oryza sativa*), a banana (*Musa* spp.), o tomate (*Solanum lycopersicum*), o milho (*Zea mays*), o sorgo (*Sorghum bicolor*) e a alface (*Lactuca sativa* L.) (FADOHAN et al., 2003; BARRIOS et al., 2005; VAN HOVE et al., 2011; LIEW et al., 2016; KELLY et al., 2017).

Algumas espécies do gênero *Fusarium* são produtoras de micotoxinas, como tricotecenos, fumonisinas, zearalenona, moniliformina e ácido fusárico, compostos que podem causar danos significativos em sementes, cereais e outros produtos vegetais, tanto

no período pré quanto pós-colheita (CHANG, 2014). A presença dessas micotoxinas em níveis elevados nos grãos representa um risco à saúde, uma vez que sua ingestão está associada ao desenvolvimento de diversas enfermidades, incluindo efeitos crônicos, em animais e seres humanos (MULÉ et al., 2004).

Morfolologicamente, o gênero *Fusarium*, abrange espécies que podem gerar três tipos de esporos: Os macroconídios, que são hialinos, septados (3 a 5 septos) de formato falcado, podendo ser gerados em conidióforos ou em esporodóquios (depende da espécie), além de possuir duas células, uma apical e uma basal nas extremidades do conídio, sendo essa uma característica crucial na sua taxonomia. Os microconídios, que são hialinos, asseptados de formato obovoide a elíptico e podem ser produzidos em fiálides sobre as hifas. E os clamidósporos, são estruturas de resistência, que conseguem ficar inativas no solo por um longo tempo, até ter condições para se desenvolver. São formadas a partir das hifas, podendo ser intercalar (produzido ao longo das hifas) ou terminal (na extremidade das hifas), (Hawksworth et al., 1995; Milanesi, 2009).

Taxonomicamente, por um grande período as espécies desse gênero foi identificada pelos caracteres fenotípicos (Wollenweber e Reinking, 1935; Booth, 1971; Nelson et al., 1983). Porém, na década de 1990, com o avanço dos métodos baseados em sequências de DNA, ficou mais claro que a utilização apenas de dados morfológicos não representava a verdadeira diversidade de espécies desse gênero (Kvas et al., 2009).

Por conta da instabilidade que se encontra neste gênero, para ser feito a identificação de espécies é preciso mais de uma região genômica (Aoki et al., 2014). Segundo a literatura, pesquisadores mencionam que as regiões ITS-rDNA, IGS e LSU, junto com os genes EF1- α , RPB1, RPB2, CAM e β -tub, são empregadas como marcadores moleculares para contribuir na identificação desse grupo de fungos (O' Donnel et al., 2009; Al-sadi et al., 2014; Castellá, 2014; Koyyappurath et al., 2016 Hawa et al., 2017; Jacobs et al., 2018). Contudo são mais usados os genes EF1- α por ser único, dentre as espécies é o mais informativo, mostrando uma baixa taxa de mutação, possuindo uma função eficaz de DNA barcoding para esse gênero (O'Donnel et al., 1998; Geiser et al., 2004; Hyde et al., 2014) junto com RNA polymerase II (RPB2), sendo um gene bem informativo e confiável, possui uma boa resolução estrutural nas árvores filogenéticas criadas (O'Donnel et al., 2008).

A análise molecular multilocus contribuiu significativamente para a evolução da taxonomia de *Fusarium* redefinindo as espécies, que noutro tempo eram representadas por seções, em complexos (O'Donnel, 2000, 2004). Estudos recentes demonstram que a

classificação do gênero *Fusarium* em complexos de espécies é dinâmica e fundamentada em análises filogenéticas multilocus e filogenômicas. Atualmente, são reconhecidos cerca de 23 complexos de espécies, conforme proposto por análises filogenômicas abrangentes, podendo esse número variar de acordo com a metodologia utilizada (GEISER et al., 2021; ARMER et al., 2024, KAMIL et al., 2025). Entre esses, destacam-se como de maior relevância fitopatológica os complexos, *Fusarium solani*, *Fusarium fujikuroi* e *Fusarium incarnatum-equiseti*, e principalmente o complexo *Fusarium oxysporum* que reúnem espécies amplamente associadas a doenças em diversas culturas agrícolas e à produção de micotoxinas (GWINN et al., 2021).

No complexo *oxysporum* (FOSC) as suas espécies geram podridão e murcha vascular em vários hospedeiros que possuem importância econômica (O'Donnell et al., 2008). Contudo por causa da característica patogênica e virulência se tratando dos hospedeiros, foi montado um sistema taxonômico que é dividido em *formae speciales* e raças, sendo assim aceito e descrito em mais de 150 *formae speciales* mostrando a importância deste complexo (Armstrong, 1981; Booth, 1997; O'Donnell et al., 1999). Certos hospedeiros que possuem importância econômica já foram relatados: *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*, responsável pelo mal-do-panamá na bananeira (Hirosti Kimati et al., 1997); *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*, causador da murcha-do-fusário na cultura do feijoeiro (Cândida et al., 2009); *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum*, agente da Fusariose no algodoeiro (Araújo, 2008); *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, provocador da murcha-do-tomateiro (Michereff et al., 2005). Contudo não se encontra um teleomorfo conhecido para esta espécie, fazendo com que o complexo composto de uma espécie, deverá ter maiores estudos para ser classificada de uma maneira mais eficiente (Leslie; Summerell, 2006).

Fusarium oxysporum stricto sensu, é a espécie de maior relevância econômica e uma das mais frequentemente encontradas. Trata-se de um fungo assexuado, presente no solo, amplamente conhecido por abrigar cepas patogênicas tanto para plantas quanto para animais e humanos, além de cepas não patogênicas (Leslie & Summerell 2006). Esse fungo ocupa a quinta posição entre os dez principais patógenos fúngicos, considerando sua importância econômica e científica (Dean et al. 2012, Geiser et al. 2013). Durante muito tempo, o fenótipo de *F. oxysporum* foi determinado como exclusivamente assexuado, uma vez que não há descrição de sua forma sexual até o momento. Entretanto, diversos estudos apontam para a possível existência de um ciclo sexual críptico (Arie et al. 2000, Yun et al. 2000, Aoki et al. 2014, Gordon 2017).

Estudos filogenéticos confirmaram a inclusão de *F. oxysporum* no clado *Gibberella*

(Baayen et al. 2000, O'Donnell et al. 2009, 2013). Essas pesquisas também demonstram que

F. oxysporum apresenta uma base filogenética complexa, evidenciando a presença de múltiplas espécies crípticas dentro desse táxon (Gordon & Martyn 1997, Laurence et al. 2014). A utilização de *formae speciales* como uma ordem subespecífica na classificação de *F. oxysporum* acabou virando uma rotina comum por conta da variedade dessa espécie (Leslie & Summerell 2006). Essa ordem é definida de acordo com a patogenicidade vegetal de uma determinada cepa de *F. oxysporum*, desconsiderando cepas clínicas e não patogênicas (Armstrong & Armstrong 1981, Gordon & Martyn 1978, Kistler 1997, Baayen et al. 2000, Leslie & Summerell 2006).

Entretanto, estirpes de *F. oxysporum* capazes de infectar a mesma planta hospedeira pode ser associadas à mesma forma especial. Embora essa característica homóloga tenha levado à ideia de que uma forma especial específica seria filogeneticamente monofilética, diversos estudos demonstraram relações polifiléticas em várias formas especiais de *F. oxysporum* (O'Donnell et al. 1998, 2004, 2009, O'Donnell & Cigelnik 1999, Baayen et al. 2000, Lievens et al. 2009, Van Dam et al. 2016).

Diversos estudos sobre *F. oxysporum* relatam a existência de 70 a mais de 150 formas especiais identificadas nessa espécie (Booth 1971, Armstrong 1981, Kistler 1997, Baayen et al. 2000, Leslie & Summerell 2006, Lievens et al. 2008, O'Donnell et al. 2009, Fourie et al. 2011, Laurence et al. 2014, Gordon 2017). Atualmente, o *Index Fungorum* registra 124 formas especiais em *F. oxysporum*, enquanto o *Mycobank* lista 127. Em levantamentos mais detalhados da literatura, foram encontradas 144 formas especiais descritas até o ano de 2018. Embora o conceito de formas especiais proposto por Snyder & Hansen (1940) ainda seja utilizado, outros sistemas de classificação subespecífica também foram introduzidos para *F. oxysporum*, incluindo haplótipos, raças e grupos de compatibilidade vegetativa (GCVs).

Entre as classificações mais relevantes aplicadas às formas especiais de *F. oxysporum* estão os patótipos fisiológicos, também conhecidos como raças. Essas classificações possuem grande importância para programas de melhoramento genético vegetal, especialmente no desenvolvimento de resistência em plantas. Normalmente, a delimitação das raças é realizada de acordo com a especificidade da cultivar, associada a genes de resistência específicos do hospedeiro (Armstrong & Armstrong 1981, Kistler

1997, Baayen et al. 2000, Roebroeck 2000, Fourie et al. 2011, Epstein et al. 2017). No entanto, a nomenclatura das raças apresentou inconsistências ao longo do tempo (Gerlagh & Blok 1988, Correll 1991, Kistler 1997, Forie et al. 2011), com diferentes sistemas de classificação sendo adotados (Gabe 1975, Risser et al. 1976, Armstrong & Armstrong 1981), ocasionando bastante confusão (Kistler 1997). Com o avanço das tecnologias moleculares, a identificação de raças tornou-se mais eficiente por meio do uso de *primers* SCAR (*Sequence Characterized Amplified Region*) (Lievens et al. 2008, Epstein et al. 2017, Gilardi et al. 2017). Ainda assim, continuam sendo necessários testes de patogenicidade, geralmente demorados e trabalhosos, para a identificação de novas raças emergentes e para a avaliação de resistência em cultivares recém-desenvolvidas (Epstein et al. 2017, Gilardi et al. 2017).

Diante da complexidade e, muitas vezes, da inconsistência dos sistemas de classificação aplicados à taxonomia e nomenclatura de *F. oxysporum*, surge o questionamento sobre se *F. oxysporum* representa, de fato, uma única espécie (Kistler 1997).

Estudo mais recentes realizados por Lombard et al. 2019, utilizando inferência filogenética multilocus e diferenças morfológicas sutis, estabeleceram 15 taxons a partir de um epíteto estabelecido de *F. oxysporum*. Buscando, desta forma, resolver o caos taxonômico do edifício sistema de classificação das espécies do complexo *oxysporum*, com o intuito de estabilizar o posicionamento taxonômico, permitindo a nomenclatura das múltiplas espécies crípticas reconhecidas neste complexo de espécies (LOMBARD et al., 2019)

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Fitopatologia Molecular do Centro de Engenharias e de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) localizado no km 85 da BR 101 Norte (9°27'54.71" S – 35°49'39.27" O), no município de Rio Largo, Alagoas, Brasil.

3.1 Obtenção dos Isolados

Os isolados de *Fusarium* foram obtidos de cladódios com sintomas de mancha marrom, nos municípios de Arapiraca (9°45'07"S/36°39'39"W) no estado de Alagoas, e São João (08°52'33"S/36°22'01"W) no estado de Pernambuco. Foram coletados 20 cladódios por área de coleta.

No laboratório, os cladódios foram lavados em água corrente e secos com toalhas de papel esterilizadas. Os isolamentos foram concluídos removendo-se fragmentos de tecido sintomático na interface entre o tecido necrótico e o tecido assintomático, os quais foram desinfetados com solução de álcool a 70% por 30 segundos, hipoclorito de sódio (1%) por 1 minuto, lavados duas vezes em água destilada estéril (ADE) e colocados para secar em papel de filtro estéril. Após a secagem, os fragmentos foram transferidos para placas de Petri contendo ágar dextrose de batata (BDA), e mantidos em BOD a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ no escuro por 7 dias.

Após a formação das colônias, discos de 5 mm contendo o micélio do patógeno foram transferidos para novas placas de Petri contendo meio PDA, mantidas a uma temperatura de 25°C até o surgimento das estruturas reprodutivas do patógeno, para posterior identificação e obtenção de culturas monospóricas. Após a obtenção das culturas monospóricas, os isolados foram preservados utilizando três métodos: tubos de ensaio contendo meio de cultura BDA, Castellani e em papel de filtro autoclavado (Castellani, 1960). As colônias fúngicas foram depositadas na Coleção de Fitopatógenos da Universidade Federal de Alagoas (COUFAL).

3.2 Caracterização molecular

Para caracterização molecular foi realizado a extração de DNA genômico, seguindo o protocolo CTAB adaptado de Doyle & Doyle (1987). As amplificações foram realizadas por PCR utilizando inicialmente os pares de primers EF1/EF2 que direcionam à amplificação do gene EF-1 α , para realização de uma análise prévia da diversidade de espécies existente entre todos os isolados. Posteriormente, foram selecionados alguns isolados representativos para concluir a filogenia utilizando os primers 5F2/7CR específicos para o gene RPB2 (Tabela 1). Os produtos amplificados foram enviados para purificação e sequenciamento na empresa MacroGen (Seul, Coreia do Sul).

Tabela 1: Descrição dos primers utilizados na identificação das espécies de *Fusarium*.

Gene	Primer	Sequência (5'-3')	Referência
TEF-1 α	EF1	ATGGGTAAAGGARGACAAGAC	O' Donnell et al. 1998
	EF2	GGARGTACCAGTSATCATG	
RPB2	5f2	GGGGWGAYCAGAAGAAGGC	O'Donnell et al. 2013
	7cr	CCCATRGTCTGYTTTCCCCAT	

As sequências de nucleotídeos obtidas, foram montadas com o Software Codon Code Aligner v. 6.0.2, e analisadas visualmente. O arranjo dos nucleotídeos em posições ambíguas, foram corrigidos por comparação das sequências nos sentidos senso e anti-

senso. Inicialmente as análises foram feitas com o algoritmo BLASTn. Sequências de referência para várias espécies foram obtidas no GenBank e utilizadas para construção da árvore filogenética (Tabela 2). As sequências foram alinhadas usando o algoritmo MUSCLE (EDGAR, 2004) no programa MEGA v.6 (TAMURA et al., 2013). A análise de Inferência Bayesiana (BI) para os conjuntos de dados concatenados (EF1- α e RPB2), foram realizadas empregando o método da cadeia de Markov Monte Carlo (MCMC), no portal CIPRES (MILLER et al., 2010) usando MrBayes v. 3.2.3 (RONQUIST et al., 2012). As árvores foram visualizadas e editadas no programa FigTree v. 1.4 (ztree.bio.ed.ac.uk/software/figtree).

Tabela 2: Sequências de *Fusarium* spp. obtidas no banco de dados não redundante Genbank.

Espécie	Código da Cultura	País	Códigos de Acesso do GenBank	
			<i>rpb2</i>	<i>tef1</i>
<i>F.contaminatum</i>	CBS111552	Holanda	MH484900	MH484991
<i>F.contaminatum</i>	CBS114899	Alemanha	MH484901	MH484992
<i>F.pharetrum</i>	CPC30822	África do Sul	MH484951	MH485042
<i>F.pharetrum</i>	CPC30824	África do Sul	MH484952	MH485043
<i>F.veterinarium</i>	CBS109898	Holanda	MH484899	MH484990
<i>F.veterinarium</i>	CBS117787	Holanda	MH484912	MH485003
<i>F.curvatum</i>	CBS141.95	Holanda	MH484894	MH484985
<i>F.curvatum</i>	CBS238.94	Holanda	MH484893	MH484984
<i>F.nirenbergiae</i>	CBS115416	África do Sul	MH484902	MH484993
<i>F.nirenbergiae</i>	CBS115417	África do Sul	MH484903	MH484994
<i>F.triseptatum</i>	COUFAL0206	Brazil	MK301279	MK640221
<i>F.triseptatum</i>	COUFAL0228	Brazil	MK301280	MK640222
<i>F.triseptatum</i>	CBS116619	Costa do Marfim	MH484910	MH485001
<i>F.triseptatum</i>	CBS258.50	EUA	MH484873	MH484964
<i>F.triseptatum</i>	CBS119665	Papua-Nova Guiné	MH484916	MH485007
<i>F.triseptatum</i>	CBS130302	EUA	MH484924	MH485015
<i>F.languescens</i>	CBS119796	África do Sul	MH484917	MH485008
<i>F.languescens</i>	CBS300.91	Holanda	MH484891	MH484982
<i>F.oxysporum</i>	CBS144134	Alemanha	MH484953	MH485044
<i>F.oxysporum</i>	CBS144135	Alemanha	MH484954	MH485045
<i>F.hoodiae</i>	CBS132474	África do Sul	MH484929	MH485020
<i>F.cugenangense</i>	CBS130304	China	MH484921	MH485012
<i>F.cugenangense</i>	CBS130308	Nova Zelândia	MH484920	MH485011
<i>Fusarium</i> sp.	CBS128.81	EUA	MH484884	MH484975
<i>Fusarium</i> sp.	CBS130323	Australia	MH484927	MH485018
<i>F.elaeidis</i>	CBS217.49	Zaire	MH484870	MH484961
<i>F.elaeidis</i>	CBS218.49	Zaire	MH484871	MH484962
<i>F.callistephi</i>	CBS115423	África do Sul	MH484905	MH484996
<i>F.callistephi</i>	CBS187.53	Holanda	MH484875	MH484966
<i>F.fabacearum</i>	CPC-25801	África do Sul	MH484938	MH485029
<i>F.fabacearum</i>	CPC-25802	África do Sul	MH484939	MH485030
<i>F.gossypinum</i>	CBS116611	Costa do Marfim	MH484907	MH484998
<i>F.gossypinum</i>	CBS116612	Costa do Marfim	MH484908	MH484999
<i>F.carminascens</i>	CPC-25792	África do Sul	MH484934	MH485025
<i>F.carminascens</i>	CPC-25793	África do Sul	MH484935	MH485026
<i>F.glycines</i>	CBS176.33	Unknown	MH484868	MH484959
<i>F.glycines</i>	CBS200.89	Italia	MH484888	MH484979
<i>F.duoseptatum</i>	CBS102026	Malásia	MH484896	MH484987
<i>F.trachichlamydosporum</i>	CBS102028	Malásia	MH484897	MH484988
<i>F.libertatis</i>	CPC-25782	África do Sul	MH484932	MH485023
<i>F.libertatis</i>	CPC-25788	África do Sul	MH484933	MH485024
<i>F.hoodiae</i>	CBS132476	África do Sul	MH484930	MH485021
<i>F.odoratissimum</i>	CBS102030	Malásia	MH484898	MH484989
<i>F.odoratissimum</i>	CBS130310	Australia	MH484922	MH485013

3.3 Caracterização morfocultural

Na caracterização da colônia, discos de meio de cultura contendo estruturas do patógeno foram retirados das bordas das colônias (sete dias de crescimento) e transferidos para placas de Petri contendo BDA sintético. Os tratamentos foram mantidos em incubadora BOD a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas. Aos sete dias, foram observadas a coloração das colônias e o aspecto do micélio aéreo.

Para caracterização morfológica foi utilizado o meio BDA para induzir a esporulação das espécies e mantidos em incubadora BOD a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas por 10 dias. 50 conídios (macroconídios e microconídios) foram mensurados por imagens capturadas por câmera digital (Olympus IX2-SLP) acoplada a microscópio óptico com aumento de 400x, projetada em monitor de computador, através do software Cellsenses Standard (SAMSUNG SDC-415®). As características morfológicas foram baseadas no Manual de Identificação de *Fusarium* de Leslie e Summerell (2006).

3.4 Teste de Patogenicidade

No teste de patogenicidade foram utilizados cladódios sadios de palma forrageira miúda. Estes, foram tratados com solução de hipoclorito de sódio a 1% por cinco minutos, lavados em água destilada esterilizada (ADE) e secos à temperatura ambiente. Com o auxílio de uma agulha esterilizada realizou-se ferimentos nos cladódios e em seguida, foram depositados discos de BDA contendo estruturas do patógeno (cultivados por sete dias) sobre os pontos de inoculação. Nas testemunhas utilizou-se apenas discos de BDA sem estruturas do patógeno. Posteriormente, os cladódios foram acondicionados individualmente em sacos plásticos contendo um chumaço de algodão umedecido com ADE para proceder a câmara úmida de 48h. Após o período de câmara úmida os cladódios foram retirados dos sacos plásticos e mantidos em BOD a $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas durante até sete dias. Aos sete dias foram observadas presença ou ausência de sintomas.

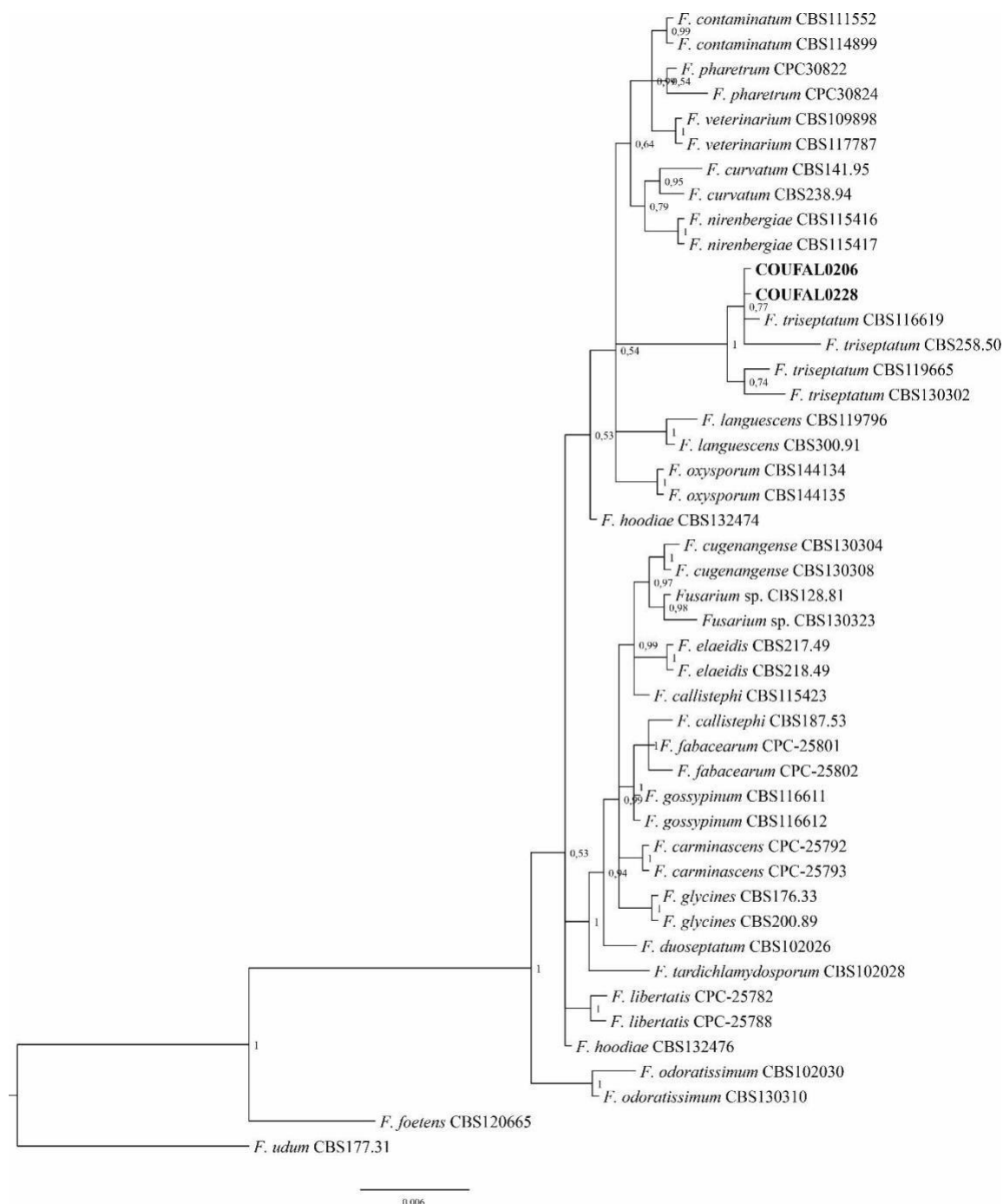
4. RESULTADOS

4.1 Caracterização molecular

Na caracterização molecular foram determinadas aproximadamente 620 bases para *tef1* e 877 bases para *rpb2*. A árvore de Inferência Bayesiana para o conjunto de dados combinados contou com 46 sendo com *F. foetens* (CBS 120665) e *F. udum* (CBS 177.31) como táxons do grupo externo. O alinhamento apresentou 1497 caracteres, destes 92 eram sítios informativos parcimônia, 1317 eram sítios conservados e 178 eram sítios variáveis. Os limites dos loci nos alinhamentos foram: 1–620 para *tef1* e 621–1497 para *rpb2*. Nos dados individuais para as análises filogenéticas de BI, foram calculados os seguintes modelos evolutivos de acordo com AIC, HKY+G para *tef1*, GTR+G para o gene *rpb2* (Estudo xxxx depositado no TreeBASE).

Na reconstrução filogenética de Inferência Bayesiana demonstrou que os isolados obtidos no presente estudo, pertencem ao complexo de espécie *Fusarium oxysporum*, onde COUFAL0206 e COUFAL0228 agruparam em um clado com sequências de *F. triceptatum* com suporte Bayesiano de 1 na árvore filogenética (Figura 1).

Figura 1: Árvore filogenética de Inferência Bayesiana baseada em sequências concatenadas dos genes EF1- α e RPB2. *F. foetens* (CBS 120665) e *F. udum* (CBS 177.31) foi utilizada como grupo externo. Os isolados provenientes desse estudo estão marcados em negrito.



As seis espécies identificadas (*F. verticilioides*, *F. pseudocircinatum*, *F. proliferatum*, *F. oxysporum*, *Fusarium* sp. e *F. lunatum*) estavam presentes entre os municípios do agreste pernambucano. Em Alagoas, apenas quatro das seis espécies foram identificadas (*F. verticilioides*, *F. oxysporum*, *F. lunatum* e *Fusarium* sp.) distribuídas entre os municípios das zonas da mata, agreste e sertão.

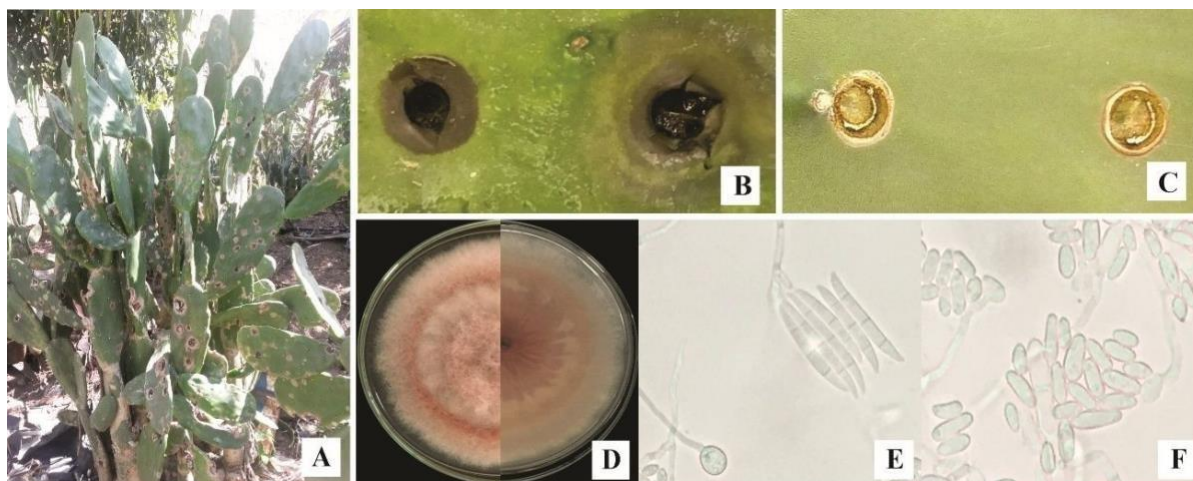
4.2 Caracterização Morfocultural

Na caracterização morfocultural, a espécie *F. triceptatum*, apresentou coloração da colônia rosa claro no verso da placa e no reverso coloração púrpura. Os isolados produziram clamidósporos em meio BDA. Os microconídios eram obovóides a elípticos com comprimento e largura variando de 19,19-7,02/5,06-1,70 μm , respectivamente. Os macroconídios apresentaram formato falcado, variando de 3 a 4 septos, com comprimento variando de 55,93-26,40 μm e largura 6,91-2,26 μm (Figura 2).

4.3 Teste de Agressividade

Nos testes de patogenicidade, os dois isolados de *F. triceptatum* obtidos no presente estudo foram patogênicos ao serem visualizados dez dias após as inoculações. Os sintomas consistiram em lesões circulares e necróticas, que podiam ser observados na parte adaxial dos cladódios. Nenhum sintoma foi observado nas testemunhas (Figura 2).

Figura 2: Sintomas de mancha-marrom em palma miúda no campo (A). Teste de patogenicidade em cladódios destacados de palma miúda (B). Testemunha (C). Colônia da espécie *F. triceptatum*, verso e reverso (D). Clamidósporos e macroconídios (E). Microconídios.



5. DISCUSSÃO

O presente estudo, combinando análises morfológicas e moleculares, demonstrou que *Fusarium triseptatum* (FOSC) é agente etiológico da mancha-marrom em palma forrageira miúda no nordeste do Brasil. As espécies pertencentes ao complexo *oxysporum* (FOSC) são de grande importância econômica para a agricultura por causarem podridões e murcha vasculares em vários hospedeiros (O'DONNELL et al., 2008).

Por um grande período as espécies de *Fusarium* foram identificadas pelos caracteres fenotípicos (WOLLENWEBER e REINKING, 1935; BOOTH, 1971; NELSON et al., 1983).

Contudo, os avanços nos métodos baseados no sequenciamento de DNA, demonstraram maior diversidade de espécies do que antes relatadas para o gênero, deixando claro que apenas as características morfológicas não eram suficientes para separar precisamente as espécies (KVAS et al., 2009). Atualmente, o uso de filogenia multilocus tem resolvido a diversidade de espécies crípticas de *Fusarium*, especialmente as pertencentes ao complexo de espécies *Fusarium oxysporum* (FOSC), devido ao seu complexo sistema de classificação taxonômica em *formae speciales* e raças, que eram e ainda podem ser considerados por alguns pesquisadores para classificar as espécies pertencentes ao FOSC (GEISER et al., 2013; LAURENCE et al., 2014; LOMBARD et al., 2019).

Segundo a literatura, muitas regiões genômicas podem ser utilizadas nas análises multilocus para este gênero fúngico, como as regiões ITS-rDNA, IGS e LSU, e os genes EF1- α , RPB1, RPB2, CAM e β -tub, (O'DONNELL et al., 2009; CASTELLÁ, 2014; JACOBS et al., 2018). No entanto, os genes EF1- α e o RPB2, são os mais utilizados por serem mais informativos e apresentarem boa resolução na reconstrução filogenéticas das espécies do complexo FOSC (O'DONNELL et al., 2008; HYDE et al., 2014), corroborando com os resultados obtidos no presente estudo, uma vez que estes genes foram capazes de separar precisamente as espécies do complexo, tanto nas análises individuais, quanto nas análises combinadas.

A espécie *F. triseptatum*, recentemente posicionada no FOSC, foi relatada pela primeira vez em batata-doce nos Estados Unidos (LOMBARD et al., 2019), e é reconhecida por estar associada a muitas doenças em diversas culturas (CROUS et al., 2021). Desde então, tem sido relatada como agente etiológico em culturas como banana na Costa Rica (podridão em

raízes) (JIMÉNEZ, 2022), pytaia no Equador (podridão em frutos pós colheita) e no Brasil nas culturas da mandioca (podridão de raízes) e banana (podridão da coroa) (SILVA, 2024; Araújo, 2025).

Até onde sabemos, apenas a espécie *Fusarium oxysporum* stricto sensu foi identificada causando mancha-marrom e podridão de cladódios em *Nopalea cochenillifera* e em *Opuntia ficus-indica*, respectivamente, no Brasil (SOUZA et al., 2010; SANTIAGO et al., 2018; SILVA, 2019), no entanto, este é o primeiro relato de *Fusarium triseptatum* associada a mancha-marrom da palma forrageira miúda no Brasil. Por fim, o presente estudo fornece informações importantes que podem apoiar o desenvolvimento de estratégias de manejo eficiente da doença.

6. CONCLUSÃO

- A espécie *Fusarium triseptatum* é agente etiológico da mancha-marrom da palma miúda (*Nopalea cochenillifera*) nos estados de Alagoas e Pernambuco.
- Este é o primeiro relato da espécie *Fusarium triseptatum* causando mancha-marrom na palma forrageira miúda no mundo.

7. REFERÊNCIAS

- (2016) Primeiro relato de podridão de cladódios e raízes causada por *Pythium* (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife**, 35, n. 2, p. 341-347, 2000.
- ALBUQUERQUE, S. G. de Cultivo da palma forrageira no Sertão do São Francisco. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 6 p. 2000.
- AL-SADI, A. et al. Characterization and pathogenicity of fungal pathogens associated with root diseases of citrus in Oman. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 16, n. 2, 2014.
- AMORIM, P.L, et al. Morphological and productive characterization of forage cactus varieties. **Revista Caatinga**. Sep;28(3): p. 230-8. 2015.
- anthracnose on *Capsicum* spp. in northeastern Brazil. *Tropical Plant*
- AOKI, T.; O'DONNELL, K.; GEISER, D. M. Systematics of key phytopathogenic *Fusarium* species: current status and future challenges. **Journal of General Plant Pathology**, v. 80, n. 3, p. 189-201, 2014.
- aphanidermatum em cactos (*Nopalea cochenillifera*). *Plant Disease* 100:797
- ARAÚJO, L. F. et al. Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: Relação com a umidade ótima para fermentação sólida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 9, n. 3, p. 379-384, 2005.
- ARMER, V. J. et al.
Navigating the *Fusarium* species complex: host-range plasticity and genome variations. *Fungal Biology*, v. 128, n. 8, p. 2439–2459, 2024.
DOI: 10.1016/j.funbio.2024.07.004.
- ARMSTRONG, G. M. *Formae speciales* and races of *Fusarium oxysporum* causing wilt disease. **Fusarium: disease, biology, and taxonomy**, p. 391-399, 1981.
- Baayen RP, O'Donnell K, Bonants PJM, et al. 2000. Genealogias de genes e análises AFLP no
- BARRIOS, L. M.; PÉREZ, I. O. Nuevos registros de hongos en semillas de *Oryza sativa* en Cuba. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, v. 75, p. 64-67, 2005.

- BARRIOS, L. M.; PÉREZ, I. O. Nuevos registros de hongos en semillas de *Oryza sativa* en Cuba. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, v. 75, p. 64-67, 2005.
- BENJAMIN, C. R., SLOT, A. Fungi of Haiti. *Sydowia*. v. 23, n. 1-6, p. 125-163, 1969.
- boninense species complex. *Studies in Mycology* 73:1–36
- BOOTH, C. et al. The genus *fusarium*. 1971.
- BOOTH, J. A.; ALCORN, S. M. Seedling rot of *Carnegiea gigantea* (Engelm.) Britt. & Rose caused by *Fusarium* spp. **Plant Disease Report**, v. 43, p. 1038-1041, 1959.
- BURGESS, L. W. B. et al. Biodiversity and population studies in *Fusarium*. **SYDOWIA-HORN-**, v. 48, p. 1-11, 1996.
- CABRAL, C. S. Caracterização de isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* das Regiões Sul e Sudeste do Brasil e identificação de acessos resistentes de alface. Recife (UFRPE). 2012. Dissertação. 97f.
- CACCIOLA, S. O.; MAGNANO, DI S. L. Foot rot of prickly pear cactus by *Phytophthora nicotianae*. **Plant Disease**, v. 72, p. 793 – 796. 1988.
- CÂNDIDA, D. V. et al. Controle genético da murcha do fusário (*Fusarium oxysporum*) em feijoeiro comum. **Tropical plant pathology**, v. 34, n. 6, p. 379-384, 2009.
- CÂNDIDO FILHO, A.; PEREIRA, F.; LIMA, A. Base alimentar humana com o uso da palma forrageira. VI Simpósio de Reforma Agrária e Questões Rurais. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco, 2014.
- CASTELLÁ, G.; CABAÑES, F. J. Phylogenetic diversity of *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex isolated from Spanish wheat. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 106, n. 2, p. 309-317, 2014.
- CAVALCANTE, L. A. D. et al. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes CHANDRA, NAYAKA S. et al. Prospects of molecular markers in *Fusarium* species diversity. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 90, n. 5, p. 1625-1639, 2011.
- CHANDRA, NAYAKA S. et al. Prospects of molecular markers in *Fusarium* species diversity. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 90, n. 5, p. 1625-1639, 2011.
- Chang DC, Grant GB, O'Donnell K, et al. 2006. Surto multiestadual de ceratite por *Fusarium* characterization of *Colletotrichum* spp. associado com cladódica da pera espinhosa e sua sensibilidade à quitosana. *Journal of*
- COELHO, R. S. B. Doenças da palma. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A., SAMPAIO,

E. V. S. B (Eds). A palma no Nordeste do Brasil: Conhecimento atual e novas perspectivas de uso. 1ª ed. Editora Universitária – UFPE, Recife, Brasil, p. 57-63. 2006

com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. complexidade reduzida de tempo e espaço. BMC Bioinformatics 5:1–19 Feijó

Correll JC. 1991. A relação entre formae speciales, raças e grupos de compatibilidade vegetativa

cultivo e usos da palma forrageira. FAO / SEBRAE – PB, p. 112 – 122, 2001.

da dispersão recente de uma linhagem clonal geograficamente disseminada e de origem da doença de Panamá da banana: Evidências concordantes de genealogias de genes nucleares DANTAS, S. F. A.; LIMA, G. F. C.; MOTA, E. P. Viabilidade econômica da produção de palma forrageira irrigada e adensada no semiárido potiguar. **Revista IPECEGE**, v. 3, n. 1, p. 59-74, 2017.

DE SOUZA, A. E. F. et al. Ocorrência e identificação dos agentes etiológicos de doenças em palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) no seminário paraibano. **Biotemas**, v. 23, n. 3, p. 11-20, 2010.

Dean R, Van Kan JAL, Pretorius ZA, et al. 2012. Os 10 principais patógenos fúngicos em patologia

densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014. (2016) Primeiro relato de podridão de cladódios e raízes causada por *Pythium*

Desenvolvimento Sustentável, v. 6, n. 1, p. 58-66, 2011.

destructivum, patógenos hemibiotróficos de forragens e culturas agrícolas.

Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/pesquisa/24/75511>>.

Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/24/75511>>.

economia para o semiárido nordestino. **Revista Verde de Agroecologia e**

Edgar RC (2004) Muscle: um método de alinhamento de múltiplas sequências com Edvan, R. L., Mota, R. R. M., Dias-Silva, T.P., do Nascimento, R. R., de Souza, S. V., da

Silva, A. L., Araújo, M. J. de Araújo, J. S., 2020. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. Scientific Reports [Online]

10. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-02066972-0>.

em Pernambuco. Recife: IPA, 2006. 48p. (IPA, Documento 30).

Epstein L, Kaur S, Chang PL, et al. 2017. Raças do patógeno do aipo *Fusarium oxysporum* f. sp.

Estudos em Micologia 79:49–84 Dean R, Van Can JA, Pretorius ZA, Hammond-Kosack FANDOHAN, P. et al. Infection of maize by *Fusarium* species and contamination with fumonisin in África. **African Journal of Biotechnology**, v. 2, p. 570-579, 2003.

FARIAS, I. et al. Manejo de colheita e espaçamento da palma-forrageira, em consórcio FARR, M. L.; SPEGAZZINI, C. Annotated list of Spegazzini's fungus taxa. **Biblioth. Mycol.**

Vol. 1. 35: 1-823. 1973.

FARR, M. L.; SPEGAZZINI, C. Annotated list of Spegazzini's fungus taxa. **Biblioth.**

FEIJÓ, F. M. et al. First report of cladode and foot rots caused by *Pythium aphanidermatum* on cactus (*Nopalea cochenillifera*). **Plant Disease**, v. 100, n. 8, p. 1797-1797, 2016.

ficus-indica. Cellulose extraction and characterisation. **Carbohydrate Polymers**, v. 51, Flores-Flores R, Valle MGV, León-Rodriguez R, Flores-Moctezuma HE, Hernández-

FLORES-FLORES, R. et al. Identification of fungal species associated with cladode spot of prickly pear and their sensitivity to chitosan. **Journal of phytopathology**, v. 161, n. 7-8, p. 544-552, 2013.

FM, Ramos-Sobrinho R, Silva MJS, Barbosa LF, Pinho DB, Assunção IP, Lima GSA Fourie G, Steenkamp ET, Ploetz RC, et al. 2011. Situação atual da posição taxonômica de FRANCO, A.; PONTE, J. J. Podridão polaciana da palma forrageira. **Fitopatologia Brasileira** v. 5, n. 2, 277-282. 1980.

Gabe HL. 1975. Padronização da nomenclatura para raças patogênicas de *Fusarium oxysporum* GD (2012).

Geiser DM, Aoki T, Bacon CW, et al. 2013. Um fungo, um nome: Definindo o gênero *Fusarium* de

GEISER, D. M. et al.

One fungus, one name: defining the genus *Fusarium* in a scientifically robust way that preserves longstanding use. *Phytopathology*, v. 103, n. 5, p. 400–408, 2013. DOI: 10.1094/PHYTO-07-12-0150-LE.

GEISER, D. M. et al.

Phylogenomic analysis of a 19-gene dataset resolves the taxonomy of *Fusarium*. *Phytopathology*, v. 111, n. 7, p. 1064–1079, 2021.

genética e especialização do hospedeiro. Faculdade de Ciências, Universidade de

Amsterdã, Gordon TR. 2017. *Fusarium oxysporum* e a síndrome da murcha de *Fusarium*.

Revisão anual de fitopatologia 55: 23–39.

GRANATA G. Doenças bióticas e abióticas. In: BARBERA et al. **Agroecologia**, GRANATA, G. Doenças bióticas e abióticas. In: BARBERA et al. Agroecologia, cultivo e

usos da palma forrageira. FAO / SEBRAE – PB, p. 112 – 122, 2001.

Groenewald JZ, Crous PW (2014) O complexo de espécies *Colletotrichum*

GUSHA, J.; et al. Nutritional composition and effective degradability of four forage trees grown for protein supplementation. **Online Journal of Animal Feed Research**, v. 3, n. 4, p. 170-175, 2013.

GWINN, K. D. et al.

Diseases of *Cannabis sativa* caused by diverse *Fusarium* species. *Frontiers in Agronomy*, v. 3, 2021.

DOI: 10.3389/fagro.2021.796062.

HAWKSWORTH, D. L. et al. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the fungi. CAB

International. **International Mycological Institute, Kew, UK**, 1995.

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/pesquisa/24/75511>>.

HYDE, K. D. et al. One stop shop: backbones trees for important phytopathogenic genera.

Fungal Diversity, v. 67, n. 1, p. 21-125, 2014.

JACOBS, A. et al. Characterisation of members of the *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex from undisturbed soils in South Africa. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 111, n. 11, p. 1999-2008, 2018.

JACOBS, A. et al. *Fusarium ananatum* sp. nov. in the *Gibberella fujikuroi* species complex from pineapples with fruit rot in South Africa. **Fungal Biology**, v. 114, n. 7, p. 515-527, 2010.

Johnston PR, Weir BS, Tan YP, Shivas RG, Crous PW (2012) The *Colletotrichum*

KE, Di Pietro A, Spanu PD, Rudd JJ, Dickman M, Kahmann R, Ellis J, Foster

KELLY, L. A. et al. *Fusarium* species associated with stalk rot and head blight of grain sorghum in Queensland and New South Wales, Australia. **Plant Pathology**, v. 66, n. 9, p. 1413-1423, 2017.

KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo. Editora Agronômica Ceres. 1997. v. 2. 774p.

Kistler HC. 1997. Diversidade genética no fungo fitopatogênico *Fusarium oxysporum*. *Fitopatologia* 87: 474–479

- KOYYAPPURATH, S. et al. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-vanillae* is the causal agent of root and stem rot of vanilla. **Plant Pathology**, v. 65, n. 4, p. 612-625, 2016.
- KVAS, M. et al. Diversity and evolution of *Fusarium* species in the *Gibberella fujikuroi* complex. **Fungal divers**, v. 34, p. 1-21, 2009.
- Laurence MH, Summerell BA, Burgess LW, et al. 2014. Reconhecimento filogenético de Lauzardo AN (2013) Identificação de espécies fúngicas associadas à mancha
- Leite, T. D. S., Leite, M. D. S., Torres, S. B., 2018. Palma forrageira: situação atual e perspectivas para o cultivo na região semiárida do Ceará, Brasil. Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR [Online] 21. Disponível em: <https://doi.org/10.25110/arqvet.v21i2.2018.6310>.
- Leite, T. D. S., Leite, M. D. S., Torres, S. B., 2018. Palma forrageira: situação atual e perspectivas para o cultivo na região semiárida do Ceará, Brasil. Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR [Online] 21. Disponível em: <https://doi.org/10.25110/arqvet.v21i2.2018.6310>.
- LESLIE, J. F.; SUMMERELL, B. A. **The *Fusarium* laboratory manual**. Ames: Blackwell, 2006.388 p.
- Lievens B, Rep M, Thomma BPHJ. 2008. Desenvolvimento recente na discriminação molecular
- LIEW, E. C. Y. et al. Review of *Fusarium* species isolated in association with mango malformation in Australia. **Australasian Plant Pathology**, v. 45, n. 6, p. 547-559, 2016.
- LIMA, G. S. A. et al. Development and validation of a standard area diagram set for assesment of *Alternaria* Spot on cladodes of the prickly pear cactus. **Journal of Plant Pathology**, v. 93, p. 691- 695, 2011.
- Lima, L.R., Silva, T.G.F., Pereira, P.C., Morais, J.E.F., Assis, M.C.S. 2018. Benefício produtivo-econômico de sistemas de consórcio de cactos forrageiros e sorgo irrigados com água salina. Revista Caatinga 31: 191-201.
- Liu, Y., Song, W., 2020. Modelling crop yield, water consumption, and water use efficiency for sustainable agroecosystem management. Journal of Cleaner Production [Online] 253.
- Disponive em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119940>.
- LIZCANO SALAS, A. F. et al. Phylogenomic approaches reveal a robust time-scale phylogeny of the Terminal *Fusarium* Clade. *IMA Fungus*, v. 15, 2024.

DOI: 10.1186/s43008-024-00147-8.

LOPES, E. B. et al. Cultivo da Palma Forrageira. In: LOPES, E. B. (Ed.) Palma forrageira: Cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino. João Pessoa: EMEPA/FAEPA. 2012. p. 21 – 60.

MALAININE, M. E. et al. Structure and morphology of cladodes and spines of *Opuntia* Maniçoba, R. M., Espínola Sobrinho, J., Zonta, J. H., Cavalcante Júnior, E G., Oliveira, A. K. S. de, Freitas, I. A. da S., 2021. Resposta do algodoeiro à supressão hídrica em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro. IRRIGA [Online] 26. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n1p123-133>.

Maniçoba, R. M., Espínola Sobrinho, J., Zonta, J. H., Cavalcante Júnior, E G., Oliveira, A. K. S. de, Freitas, I. A. da S., 2021. Resposta do algodoeiro à supressão hídrica em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro. IRRIGA [Online] 26. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n1p123-133>.

MARQUES, O. F. C.; GOMES, L. S. P.; MOURTHÉ, M. H. F.; BRAZ, T. G. S.; PIRES NETO, O. S. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. Cadernos de Ciências Agrárias, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MASRATUL HAWA, M. et al. *Fusarium fujikuroi* associated with stem rot of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) in Malaysia. **Annals of Applied Biology**, v. 170, n. 3, p. 434-446, 2017.

MASRATUL HAWA, M.; SALLEH, B.; LATIFFAH, Z. Characterization and pathogenicity of *Fusarium proliferatum* causing stem rot of *Hylocereus polyrhizus* in Malaysia. **Annals of applied Biology**, v. 163, n. 2, p. 269-280, 2013.

megalanthus no Brasil. Australasian Plant Disease Notes 3:96–97 MEHTA, N. et al.

Molecular characterization of *Colletotrichum* species associated with anthracnose disease. *Mycobiology*, v. 45, n. 2, p. 117–125, 2017.

MÉNDEZ-GALLEGOS, S.J.; et al. Identificación y control de las principales enfermedades del nopal. **Revista Salud Pública y Nutrición**, v. 2, p. 2 – 13, 2009.

MICHEREFF, S.J. et al. Importância dos patógenos e das doenças radiculares em solos tropicais. In: MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, D.E.G.T.; MENEZES, M. (Eds.). **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE, Imprensa

Universitária, 2005. p.1 – 18.

MILANESI, P.M. Caracterização, toxicidade e patogenicidade de *Fusarium* spp. em genótipos de soja em sistema plantio direto. Santa Maria (UFSM). Dissertação (Mestrado em Agronomia). 2009. 91 p.

MILLER, J.W. Tri-ology Techn. Rep. Div. Pl. Indust., Florida. **Plant Pathology**. v. 36 n. 2, p 14-16.1997.

Molecular and morphocultural

MULÉ, G.; SUSCA, A.; STEA, G.; MORETTI, A. A species-specific PCR assay based on the calmodulin partial gene for identification of *Fusarium verticillioides*, *Fusarium proliferatum* and *F usarium subglutinans*. **European Journal Plant Pathology**. v 110, p. 495-502, 2004.

NELSON, P. E.; TOUSSON, T. A.; MARASAS, W. F. O. *Fusarium Species: an Illustrated Manual for Identification*. Philadelphia: Pennsylvania State University Press, 1983. 193 p. NEVES, A. L. A.; PEREIRA, L. G. R.; SANTOS, R. D.; VOLTOLINI, T. V.; ARAÚJO, G.

G. L. de; MORAES, S. A. de; ARAGÃO, A. S. L.; COSTA, C. T. F. Plantio e uso da palma forrageira na alimentação de bovinos no semiárido brasileiro. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010.

NUNES, C. S. Usos e aplicações da palma forrageira como uma grande fonte de economia para o semiárido nordestino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 58-66, 2011.

NUNES, C. S. Usos e aplicações da palma forrageira como uma grande fonte de O'DONNELL, K. et al. A two-locus DNA sequence database for typing plant and human pathogens within the *Fusarium oxysporum* species complex. **Fungal Genetics and Biology**, v. 46, n. 12, p. 936-948, 2009.

O'DONNELL, K. et al. A two-locus DNA sequence database for typing plant and human pathogens within the *Fusarium oxysporum* species complex. **Fungal Genetics and Biology**, v. 46, n. 12, p. 936-948, 2009.

O'DONNELL, K. et al. Molecular phylogenetic diversity, multilocus haplotype nomenclature, and in vitro antifungal resistance within the *Fusarium solani* species complex. **Journal of Clinical Microbiology**. v. 46, n. 8, p. 2477-2490, 2008.

O'Donnell K, Cigelnik E. 1999. Uma estrutura filogenética baseada em sequência de DNA para

- O'Donnell K, Kistler HC, Cigelnik E, et al. 1998. Origens evolutivas múltiplas do fungo causador
- O'Donnell K, Rooney AP, Proctor RH, et al. 2013. Análises filogenéticas de RPB1 e RPB2 apoiam
- O'Donnell K, Sutton DA, Rinaldi MG, et al. 2004. Diversidade genética de membros patogênicos
- O'DONNELL, K. et al. Gene genealogies reveal global phylogeographic structure and reproductive isolation among lineages of *Fusarium graminearum*, the fungus causing wheat scab. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 97, n. 14, p. 7905-7910, 2000.
- O'DONNELL, K; CIGELNIK, E.; NIRENBERG, H. I. Molecular systematics and phylogeography of the *Gibberella fujikuroi* species complex. **Mycologia**, p. 465-493, 1998. p. 77-83, 2003.
- PADILHA JUNIOR, M. C.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. S. Características morfológicas e rendimento da palma forrageira „Gigante“ sob diferentes adubações e configurações de plantio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 11, n. 1, p. 67-72, 2016.
- Pathology 42:315–319 Souza AEF, Nascimento LC, Araújo E, Lopes EB, PFENNING, Ludwig Heinrich; MARTINS, Melissa Faria. Espécies de *Fusarium* associados ao cafeeiro na região sul de Minas Gerais. 2000.
- Phytopathological Society of Japan (PSJ); National Institute of Agrobiological Sciences (NIAS) Common names of plant diseases in Japan, 2nd edn. Phase Out Inc., Nagoya. 2012
- Phytopathology 161:544–552 Hoffmann W (2001)
- POLIZZI, G.; VITALE, A. First report of basal stem rot of golden barrel cactus caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *opuntiarum* in Italy. **Plant disease**, v. 88, n. 1, p. 85-85, 2004. Primeiro relato de *Colletotrichum gloeosporioides* em *Hylocereus*
- RAMDEEN, S.; RAMPERSAD, S. N.
- Differentiating *Colletotrichum* species using molecular tools: a review. *Molecular Biotechnology*, v. 53, n. 3, p. 315–322, 2013.
- DOI: 10.1007/s12033-012-9509-8.
- Ramos, J. P. de F., Macêdo, A. J. da S., Santos, E. M., Edvan, R. L., Sousa, W. H. de., Perazzo, A. F., Silva, A. S., Cartaxo, F. Q., 2021. Forage yield and morphological traits of cactus pear genotypes. *Acta Scientiarum Agronomy* [Online] 43. Disponível em:

<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.51214>.

Ramos, J.P.F., Souza, J.T.A., Santos, E.M., Pimenta Filho, E.C., Ribeiro, O.L. 2017. Crescimento e Produtividade de *Nopalea Cochenillifera* em função de diferentes densidades de plantio em cultivo com e sem capina. *Revista Eletrônica de Veterinária* 18: 1-12.

Roebroeck EJA. 2000. *Fusarium oxysporum* em culturas iridáceas: análise da diversidade SANTIAGO, M. F. et al. First Report of a Member of the *Fusarium oxysporum* Species Complex Causing Cladode Rot in *Nopalea cochenillifera* in Brazil. **Plant Disease**, v. 102, n. 12, p. 2652, 2018.

SANTIAGO, M. F. et al. First report of *Fusarium lacertarum* causing cladode rot in *Nopalea cochenillifera* in Brazil. **Journal of Plant Pathology**. v. 100, n. 3, p. 611-611, 2018. 2018. SANTOS, D. C. E. et al. Usos e aplicações da palma forrageira. In: LOPES, E. B. (Ed.) **Palma forrageira**: Cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino. João Pessoa: EMEPA/FAEPA, p. 99 - 150, 2012.

SANTOS, D. C. et al. Desempenho produtivo de vacas 5/8 holando/zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, v. 30, n. 1, p. 12 – 17, 2001.

SANTOS, D. C. et al. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco. Recife: IPA, 48p. (IPA, Documento 30). 2006.

SANTOS, D. C. et al. **Manejo e utilização da palma forrageira** (*Opuntia* e *Nopalea*) SANTOS, M. V. F. et al. Estudo comparativo de cultivares de palma forrageira “Gigante”, “Redonda” (*Opuntia fícus-indica* Mill) e “Miúda” (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dick) na produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 19, n. 6, p. 504 – 511, 1997.

SCHROERS, H. J. et al. Taxonomy and phylogeny of the *Fusarium dimerum* species group. **Mycologia**, v. 101, n. 1, p. 44-70, 2009.

SECRETARIA DA AGRICULTURA DO ESTADO DE ALAGOAS (SEAGRI). Disponível em > www.agricultura.al.gov.br.

SILVA, C. C. F; SANTOS, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. *REDVET, Revista Eletrônica de Veterinária*, Málaga, España v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.

Snyder WC, Hansen HN. 1940. O conceito de espécie em *Fusarium*. American. Revista de Botânica 27: 64–67.

Soares, F. M. F., de Albuquerque, A. L. S., Silva, W. R. T., 2021. Avaliação de crescimento vegetativo de palma forrageira do Semiárido Alagoano. *Diversitas Journal* [Online] 6. Disponível em: 10.17648/diversitas-journal-v6i1-1702.

Souto FM (2010)

SOUZA, T. C. Productivity and nutrient concentration in spineless cactus under different fertilizations and plant densities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. 12(4):p. 555-60.2017.

SWART, W. J.; SWART, V. R. An Overview of Research on Diseases of Cactus Pear in South Africa. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**. v. 15, p. 115 – 120. 2003.

Takahashi LM, Rosa DD, Basseto BMA, Souza HG, Furtado EL (2008)

v. 2, n. 1, p. 28-31, 2007.

Van Dam P, Fokkens L, Schmidt SM, et al. 2016. Perfis de efetores distinguem formas especiais

VAN HOVE, F. et al. *Gibberella musae* (*Fusarium musae*) sp. nov., a recently discovered species from banana is sister to *F. verticillioides*. **Mycologia**, v. 103, n. 3, p. 570-585, 2011. VASCONCELOS, A. G. V. et al. Micropropagação de palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife**, v. 2, n. 1, p. 28-31, 2007.

VASCONCELOS, A. G. V. et al. Micropropagação de palma forrageira cv. Miúda
VASCONCELOS, A. G. V.; LIRA, M. A.; CAVALCANTI, V. A. L. B.; SANTOS, M. V. F. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius ceylonicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009.

Ver artigo PubMed PubMed Central Google Scholar Damm U, O'Connell RJ, WOLLENWEBER, H. W; REINKING, O. A. Die fusarien, ihre beschreibung, schadwirkung und bekämpfung. **Paul Parey**. 1935.

Yun SH, Arie T, Kaneko I, et al. 2000. Organização molecular dos loci de tipo de acasalamento