

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**FUNGOS ENDOFÍTICOS ASSOCIADOS À *Aechmea multiflora*
(Bromeliaceae), E POTENCIAL PARA PROMOVER O
CRESCIMENTO DO HOSPEDEIRO**

ELIANE SANTANA RODRIGUES

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
FEVEREIRO - 2021**

**FUNGOS ENDOFÍTICOS ASSOCIADOS À *Aechmea multiflora*
(Bromeliaceae), E POTENCIAL PARA PROMOVER O
CRESCIMENTO DO HOSPEDEIRO**

ELIANE SANTANA RODRIGUES

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2018

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Bezerra

Coorientadora: Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

FEVEREIRO - 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

R696f	<p>Rodrigues, Eliane Santana. Fungos endofíticos associados à <i>Aechmea multiflora</i> (Bromeliaceae), e potencial para promover o crescimento do hospedeiro / Eliane Santana Rodrigues._ Cruz das Almas, Bahia, 2021. 75f.; il.</p> <p>Orientador: José Luiz Bezerra. Coorientadora: Ana Cristina Fermino Soares.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Mestrado em Ciências Agrárias.</p> <p>1.Bromeliaceae – Fungos endofíticos. 2.Bromeliaceae – Crescimento (plantas) – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 582.28</p>
-------	--

Ficha elaborada pela Biblioteca Central de Cruz das Almas - UFRB.
Responsável pela Elaboração - Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).
(os dados para catalogação foram enviados pela usuária via formulário eletrônico).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**FUNGOS ENDOFÍTICOS ASSOCIADOS À *Aechmea multiflora*
(Bromeliaceae), E POTENCIAL PARA PROMOVER O CRESCIMENTO DO
HOSPEDEIRO**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE ELIANE
SANTANA RODRIGUES**

Realizada em 24 de Fevereiro de 2021

Prof. Dr. José Luiz Bezerra
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – PV/UFRB
Examinador Interno (Orientador)

Profa. Dra. Franceli da Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Interno

Profa. Dra. Edna Dora Martins Newman Luz
Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus e aos meus pais, por todo cuidado, amor incondicional e dedicação.

AGRADECIMENTOS

À Deus primeiramente, pela permissão de chegar até aqui, sem a Sua presença em minha vida não seria possível a conclusão dessa pesquisa.

Aos meus pais, Maria e Egídio, por todo apoio, incentivo, pelo cuidado e amor incondicional. Sempre dedicarei toda vitória a vocês.

Ao Prof. Dr. José Luiz Bezerra e a Profa. Dr^a Ana Cristina Fermino, meus orientadores. Minha imensa gratidão pela paciência, atenção e conhecimentos a mim transmitidos, sem os quais este trabalho jamais poderia ter sido realizado.

Às técnicas de laboratório, Lene e Veronica, por toda assistência, disponibilidade e empenho em me auxiliar na execução deste trabalho.

À toda equipe do Laboratório de Microbiologia Agrícola pela amizade, aprendizado e colaborações, em especial Cristiano, Aurelio, Jessica, Gilson e Beatriz.

Ao meu namorado, Lizandro, por toda compreensão e apoio e incentivo aos meus sonhos.

Aos amigos Cirelle, Jeane, Rafael, Avete, que estiveram todo esse tempo torcendo por mim e me incentivando a continuar.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa.

À todos que, direta ou indiretamente contribuíram ao longo desta caminhada para o sucesso deste trabalho, Muito Obrigada!.

“Aos cansados ele dá novas forças e enche de energia os fracos. Até os jovens se cansam, e os moços tropeçam e caem; mas os que confiam no SENHOR recebem sempre novas forças. Voam nas alturas como águias, correm e não perdem as forças, andam e não se cansam”.

Isaías 40:29-31 (Bíblia Sagrada)

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

REFERENCIAL TEÓRICO.....12

ARTIGO 1

FUNGOS ENDOFÍTICOS ASSOCIADOS À *Aechmea multiflora* (Bromeliaceae)....28

ARTIGO 2

POTENCIAL DE FUNGOS ENDOFÍTICOS DE *Aechmea multiflora* como
PROMOTORES DE CRESCIMENTO DA PLANTA HOSPEDEIRA.....52

CONSIDERAÇÕES FINAIS71

FUNGOS ENDOFÍTICOS ASSOCIADOS À *Aechmea multiflora* (Bromeliaceae), E POTENCIAL PARA PROMOVER O CRESCIMENTO DO HOSPEDEIRO

Autor: Eliane Santana Rodrigues

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Bezerra

RESUMO: Os fungos endofíticos são microrganismos que habitam o interior do tecido vegetal, sem causar sintomas aparentes, mas capazes de favorecer a sanidade do hospedeiro. *Aechmea multiflora* é uma espécie de bromeliácea endêmica no Brasil de alto potencial frutífero e ornamental, e ainda pouco se sabe a respeito da diversidade da microbiota associada a essa espécie vegetal. Diante disso objetivou-se com esse trabalho isolar e identificar fungos endofíticos associados a *A. multiflora*, assim como avaliar o potencial promotor de crescimento dos mesmos. Amostras de *A. multiflora* foram coletadas na comunidade de Jatobá, município de Milagres, BA e fungos endofíticos foram isolados das raízes, folhas e caule de *A. multiflora* e identificados morfolologicamente. Ao todo, foram identificadas 65 espécies, distribuídas em 12 gêneros mais *Mycelia sterilia*: *Penicillium*, *Trichoderma*, *Chaetomium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Pestalotiopsis*, *Polyschema*, *Rhizopus*, *Thielaviopsis*. As raízes de *A. multiflora* apresentaram maior número de isolados (36), em comparação as folhas (16) e caules (13). *Penicillium*, *Trichoderma*, *Chaetomium* e *Fusarium*, foram frequentemente isolados das raízes, enquanto *Cladosporium* e *Thielaviopsis*, predominaram nas folhas e caule. Algumas das espécies identificadas estão listadas na literatura como importantes agentes de biocontrole e promotores de crescimento vegetal. Foi testada em casa de vegetação, sob delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em mudas de *A. multiflora*, a atividade promotora de crescimento vegetal de 11 desses isolados, que compuseram 11 tratamentos: T1: *Aspergillus* 1; T2: *Aspergillus* 3; T3: *Chaetomium* 1; T4: *Chaetomium* 2; T5: *Lasiodiplodia*; T6: *Mycelia sterilia*; T7: *Polyschema*; T8: *Trichoderma* 12; T9: *Trichoderma* 2; T10: *Trichoderma* 4; T11: *Trichoderma* 5; T12: Controle (água destilada). A análise das características agrônômicas evidenciou que os fungos endofíticos isolados de *A. multiflora* interferiram no comprimento da planta, comprimento do caule, diâmetro do caule, massa fresca da folha, massa fresca do

caule, massa fresca da raiz, massa fresca total, massa seca do caule e massa seca da raiz em relação ao controle. No entanto, nenhuma das espécies contribuiu significativamente para o acréscimo do número de folhas, largura basal e mediana da folha D, comprimento da raiz, massa seca da folha e massa seca total. Os isolados “*Aspergillus 1*”, “*Aspergillus 3*”, *Mycelia sterilia*, “*Chaetomium 1*” e “*Chaetomium 2*” contribuíram positivamente para quase todos os parâmetros analisados que foram estatisticamente significativos

Palavras-chave: Endofitismo; Promoção de Crescimento; Bromélias

ENDOPHYTIC FUNGI ASSOCIATED WITH *Aechmea multiflora* (Bromeliaceae), AND POTENTIAL TO PROMOTE HOST GROWTH

Author: Eliane Santana Rodrigues
Advisor: Prof. Dr. José Luiz Bezerra

ABSTRACT: Endophytic fungi are microorganisms that inhabit the interior of plant tissue, without causing apparent symptoms, but capable of benefiting the health of the host. *Aechmea multiflora* is a species of bromeliad endemic in Brazil with high fruit and ornamental potential, and little is known about the diversity of fungal mycobiota associated with this plant species. In view of this, the objective of this work was to isolate and identify endophytic fungi associated with *A. multiflora*, as well as to evaluate their potential to promote their growth. Samples of *A. multiflora* were collected in the community of Jatobá, municipality of Milagres, BA and endophytic fungi were isolated from the roots, leaves and stems of *A. multiflora* and submitted to morphological identification. In all, 53 species were identified, distributed in 12 fungal genera: *Penicillium*, *Trichoderma*, *Chaetomium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Pestalotiopsis*, *Polyschema*, *Rhizopus*, *Thielaviopsis*. The roots of *A. multiflora* had a higher number of isolates (36), compared to leaves (16) and stems (13). *Penicillium*, *Trichoderma*, *Chaetomium* and *Fusarium*, were frequently isolated from the roots, while *Cladosporium* and *Thielaviopsis*, predominated in the leaves and stem. Some of the identified species are listed in the literature as important biocontrol agents and promoters of plant growth. It was tested in a greenhouse, under a completely randomized design (CRD), in seedlings of *A. multiflora*, the plant growth promoting activity of 11 of these isolates, which comprised 11 treatments: T1: *Aspergillus* 1; T2: *Aspergillus* 3; T3: *Chaetomium* 1; T4: *Chaetomium* 2; T5: *Lasiodiplodia*; T6: Mycelia sterilia; T7: *Polyschema*; T8: *Trichoderma* 12; T9: *Trichoderma* 2; T10: *Trichoderma* 4; T11: *Trichoderma* 5; T12: Control (distilled water). The analysis of agronomic characteristics showed that the endophytic fungi isolated from *A. multiflora* interfered in the plant length, stem length,

stem diameter, fresh leaf weight, fresh stem weight, fresh root weight, total fresh weight, dry stem weight and dry root weight in relation to the control. However, none of the species contributed significantly to the addition of leaf numbers, basal and median leaf width, root length, leaf dry weight and total dry weight. The species "*Aspergillus* 1", "*Aspergillus* 3", "*Mycelia sterilia*", "*Chaetomium* 1" and "*Chaetomium* 2" positively influenced to almost all statistically significant parameters analyzed.

Keywords: Endophytism; Growth promotion; Bromeliads.

REFERENCIAL TEÓRICO

Fungos Endofíticos: conceitos

Em fitopatologia, botânica e microbiologia agrícola, são endófitos os microrganismos bacterianos ou fúngicos, com características diversas, complexas e específicas (WANG; DAI, 2011) que habitam o tecido interno e sadio das plantas por uma parte ou todo o seu ciclo de vida, sem causar sintomas aparentes de doença ao hospedeiro (LIU et al, 2007).

Constituem uma interação simbiótica capaz de beneficiar a sanidade das plantas e sua tolerância à estresses ambientais (HARDOIM et al., 2015; IKRAM et al., 2018), além de facilitar a absorção de nutrientes e comumente atuar na defesa da planta contra o ataque de fitopatógenos (LI et al., 2018).

Esses microrganismos, podem habitar todo o tecido disponível do hospedeiro, desde as folhas, pecíolos, caules, cascas, raízes até mesmo as frutas, flores e sementes (SUNITHA; NIRMALA; SRINIVAS, 2013) e são encontrados na maioria das espécies vegetais, como árvores, gramíneas, algas e plantas herbáceas (RAJAMANIKYAM et al., 2017).

Inicialmente eram considerados neutros, não causando prejuízos ou benefícios as plantas hospedeiras, e embora o primeiro endófito tenha sido descrito pela primeira vez no século XIX, estes microrganismos só foram investigados com mais detalhes a partir dos anos 80 (AZEVEDO et al., 2000). Somente em 1986, Baldani et al. identificaram a primeira espécie endófito, *Herbaspirillum seropedicae*.

Segundo Azevedo (1998) é difícil estabelecer um limite de forma definida entre um microrganismo endofítico e patogênico. Para Azevedo et al. (2000) todos os microrganismos que em algum momento do seu ciclo de vida habitaram o interior de um tecido vegetal, poderiam ser considerados endofíticos, sendo a distinção entre endófitos, epífitas e fitopatogénos de puro significado didático. Há suposições de que a depender do estado fisiológico do hospedeiro e dos estímulos ambientais as quais ele está submetido, o endófito pode representar o patógeno em estado latente (AZEVEDO, 1998).

Uma grande variedade de organismos heterotróficos habita internamente os vegetais (CLAY; SCHARDL, 2002), foram isolados em quase todas as plantas

estudadas em ecossistemas naturais até agora, no entanto a sua distribuição e diversidade nos diferentes grupos de plantas ainda não foi totalmente explorada (WANG; DAI, 2011; KOGEL et al., 2006).

Os endófitos podem ser isolados por meio da prática de esterilizar o segmento de tecido vegetal e o plaquear em meio de cultivo o que geralmente irá resultar no crescimento de um ou mais microrganismos, mesmo que o tecido seja assintomático (CLAY; SCHARDL, 2002). De acordo com Petrini (1993), os métodos de isolamento podem afetar a composição da comunidade endofítica da planta hospedeira. A comunidade endofítica é específica ao nível das espécies hospedeiras, no entanto, a sua composição e frequência são afetadas de forma significativa pelas condições específicas do local. É possível o isolamento de um grande número de endófitos a partir de um único hospedeiro, no entanto, somente as espécies e linhagens específicas do hospedeiro estão presentes em maiores quantidades, sendo poucas espécies dominantes (FERRARA, 2006).

Metabolismo Secundário de Endofíticos

Metabólitos secundários são compostos indispensáveis ao crescimento normal dos microrganismos, e que manifestam funções de caráter adaptativo, como compostos de defesa ou moléculas de sinalização em interações ecológicas (FREIRE; VASCONCELOS; DE LIMA COUTINHO, 2014).

Os fungos endofíticos constituem uma importante fonte de novos metabólitos, biologicamente ativos, alguns desses capazes de ajudar a planta à resistir aos estresses bióticos e abióticos (RAJAMANIKYAM et al., 2017). Além do mais, alguns possuem a capacidade de produzir os mesmos metabólitos ou similares aos produzido pela planta hospedeira, (BORGES et al., 2009).

Os endófitos das partes aéreas vegetais têm despertado interesse da comunidade científica, devido aos seus potenciais na agricultura e indústria, especialmente na alimentícia e farmacêutica (SOUZA et al., 2004; KHAN et al., 2013). Estes organismos ao interagir com a planta hospedeira provocam modificações fisiológicas que podem induzir a produção de fitohormônios e a síntese de outros metabólitos de interesse econômico (SOUZA et al., 2004; WANG; DAI, 2011), além de permitir melhor captação de nutrientes pelos hospedeiros infectados (CLAY; SCHARDL, 2002), melhor adaptabilidade ecológica, aumentando sua tolerância a

condições de estresse (AZEVEDO et al., 2000), proteção contra pragas, aumento de resistência a herbivoria, melhoria da sua capacidade competitiva (FERRARA, 2006), acentuamento do crescimento vegetativo da planta (RAKOTONIRIANA et al., 2007).

Segundo Tan e Zou (2001), a produção de enzimas por fungos endofíticos está atrelada à especificidade da relação entre a planta hospedeira e o fungo. Como resultado dessa relação eles podem produzir uma grande diversidade de compostos bioativos (STROBEL, 2018) como agentes antimicrobianos (HUSSAIN et al., 2014), agentes anticâncer (ZAIYOU et al., 2015), compostos imunossupressores (GONÇALVES; FREIRE; LIMA, 2013), antioxidantes (PALANICHAMY et al., 2018), agentes promotores de crescimento de plantas (KUSWINANTI et al., 2015), inseticidas (PRETO, 2018) e nematicidas (KAUL et al., 2012).

Silva et al. (2018) consideram os fungos endofíticos como uma fonte promissora de novos compostos bioativos como policetídeos, esteróides, anidridos, compostos fenólicos. Além de enzimas industriais interessantes como lipases, fitases, amilases, proteases e celulasas (CÔRREA et al., 2014). Em estudo sobre endofíticos fúngicos associados à planta medicinal, Fouda et al. (2015) isolaram três endofitos fúngicos capazes de produzir várias enzimas extracelulares, incluindo amilase, pectinase, celulase, gelatinase, xilanase e tirosinase.

Em trabalho de isolamento de fungos endofíticos do guaraná da Amazônia, compostos bioativos como o ácido piliforme e citocalasina D foram isolados por técnicas cromatográficas de duas *Xylaria* spp (ELIAS et al., 2018) e avaliados como promissores agentes antifúngicos contra a antracnose.

Cepas endofíticas presentes em oliveiras também exibiram atividade antagonista notável contra *Colletotrichum acutatum*. Os isolados de ação inibitória produziram substâncias voláteis como o álcool feniletílico, 4-metilquinazolina, benzotiazol, álcool benzílico, lilial, galaxolida, entre outras (LANDUM et al., 2016).

Segundo Kumar e Manonmani (2013), animais, plantas e microrganismos podem produzir a L-aspariginase, porém, a produção microbiana ainda é considerada melhor fonte. A capacidade de algumas cepas endofíticas de produzirem a L-aspariginase tem sido estudada (SANTOS et al., 2015; KRISHNAPURA; BELUR, 2016; PADUA et al., 2019). Esta enzima vem sendo amplamente utilizada como agente quimioterapêutico no tratamento de câncer (CACHUMBA et al., 2016) e pela indústria alimentícia com o objetivo de reduzir os níveis de acrilamida, composto

cancerígeno e neurotóxico, dos alimentos termicamente processados (KUMAR; MANONMANI, 2013). Theantana et al. (2007) obtiveram quarenta e uma espécies promissoras na produção da enzima ao analisarem cepas fúngicas endofíticas de plantas medicinais. Silva et al. (2018) também obtiveram resultados satisfatórios ao avaliar a produção de L-asparaginase por endófitos isolados da bromeliácea *Tillandsia catimbauensis*. A cepa endofítica *Talaromyces cf. cecidicola* foi a melhor produtora da enzima.

Pesquisas apontam potencial dos fungos endofíticos no favorecimento do crescimento do hospedeiro. Plantas colonizadas por determinados microrganismos endofíticos, podem crescer mais rapidamente graças à produção de fitohormônios (KAUL et al., 2012).

Ao avaliarem os fungos endofíticos presentes nos órgãos vegetativos do maracujazeiro-amarelo, Luz et al. (2006) observaram que oito isolados se destacaram pela produção de enzimas lipolíticas e seis pelo potencial na promoção de crescimento. No estudo de Silva et al. (2006), os endófitos isolados a partir de folhas, caules e raízes de plantas de pinha e graviola, *Acremonium*, *Colletotrichum*, *Phomopsis*, *Cylindrocladium*, *Chaetomium* e *Fusarium* promoveram de forma expressiva o crescimento vegetal de mudas de pinha. Fouda et al. (2015), verificaram que os endófitos fúngicos isolados da planta medicinal *Asclepias sinaica*, possuíam diferentes mecanismos promotores de crescimento, dentre eles a produção de amônia e o ácido indol-acético (IAA).

Relação Endófito-Hospedeiro

O equilíbrio da interação planta-microrganismo é representado pelas relações de comensalismo e mutualismo (KOGEL et al., 2006; DUTTA et al., 2014). A simbiose comensalista favorece ao endófito com o abrigo para se reproduzir e suprimento de nutrientes para crescer dentro dos tecidos da planta, sem prejudicar ou beneficiar o hospedeiro (REDMAN; DUNIGAN; RODRIGUEZ, 2001; KHAN et al., 2017). Enquanto que no mutualismo a interação é de benefício para ambos, os endófitos recebem nutrientes e proteção, ao passo que a planta é favorecida através da produção de recursos bioquímicos essenciais que promovem maior resistência do hospedeiro aos estresses causados por fatores bióticos e abióticos (ESPOSITO; AZEVEDO, 2010; KHAN et al., 2015) resultando na promoção de crescimento do hospedeiro (KOGEL

et al., 2006).

Os endófitos ocupam o mesmo nicho ecológico da maioria dos patógenos, então acredita-se que utilizem a mesma estratégia para a colonização do tecido hospedeiro (PETRINI et al., 1992). Segundo os autores, essa colonização depende de uma penetração bem sucedida das camadas protetoras externas da planta, por fraturas mecânicas desses tecidos ou pela síntese de enzimas resultando na digestão das camadas cuticular e epidérmica.

Os endófitos podem desenvolver mecanismos de adaptação aos vários ambientes externos e ao hospedeiro, por meio da biotransformação, esses microrganismos desenvolvem tolerância a algumas substâncias tóxicas e a metabólitos únicos dos hospedeiros (WANG; DAI, 2011).

Para Wang et al. (2007), a colonização dos microrganismos endofíticos na planta hospedeira pode ocorrer ainda por meio da penetração dos órgãos vegetais por aberturas naturais como os estômatos e/ou hidatódios e pelas raízes secundárias. A infecção também pode ocorrer verticalmente, pelas sementes do hospedeiro, infectando sistematicamente a planta após a germinação das sementes e assim podendo habitar o tecido vegetal por toda a sua vida (CHAPLA; BIASETTO; ARAUJO, 2013; DUTTA et al., 2014).

Ainda não estão totalmente claros os processos genéticos e bioquímicos sinalizadores da colonização do tecido hospedeiro pelos microrganismos e expressão das suas interações simbióticas (comensalismo, mutualismo). Segundo Backman e Sikora (2008), a ocupação endofítica do tecido sadio da planta não ocorre ao acaso, mas sim devido a uma seleção do hospedeiro para colonização destes nichos, uma vez que, a energia investida pela planta para produção de biomassa do endófito é contrabalançada pelas melhorias na sanidade das plantas, resultantes da associação.

Um dos mais relevantes motivos para o sucesso da colonização endofítica, está relacionado à colonização das raízes, este é o primeiro passo e o fundamental para a associação planta-micróbio, que é em sua totalidade influenciado pela resposta quimiotática dos endófitos aos exsudatos das raízes (GIRI; DUDEJA, 2013).

Relação Endófito-Patógeno

O hiperparasitismo, predação e competição por nichos e nutrientes ocorrem entre diversos grupos de microrganismos que habitam um nicho ecológico, especialmente

entre endófitos e patógenos (DUTTA et al., 2014). Na proteção das plantas contra patógenos e insetos, os endofíticos podem induzir a produção de fitoalexinas, além de ocupar rapidamente o nicho ecológico semelhante ao ocupado por fitopatógenos, não deixando espaço para a infecção (GAO et al., 2010).

Ocorrência de endofíticos em *Bromeliaceae*

De acordo com Maia et al (2015), a Mata Atlântica é o bioma que apresenta o número mais elevado de registros, com aproximadamente 3.017 espécies catalogadas, em seguida a Amazônia (1.050), Caatinga (999), Cerrado (638), Pampas (84) e Pantanal (35).

A Caatinga é, dentre todos os biomas brasileiros, o menos estudado botanicamente (GIULIETTI et al., 2003). É composto por uma área de 750.000 Km², sendo o único bioma exclusivamente brasileiro. Engloba áreas pertencentes aos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte de Minas Gerais; sua área total compreende 54% da Região Nordeste e 11% do território brasileiro (ALVES et al., 2009; LEAL et al., 2003).

Família Bromeliaceae

Dentre as plantas que revelam adaptações aos habitats xéricos, a família Bromeliaceae apresenta número expressivo de espécies endêmicas de Caatinga (GIULIETTE et al., 2003; ISLAIR et al. 2015).

As bromélias destacam-se pela rara beleza e riqueza de suas formas, cores, inflorescências e folhas, além de sua ocorrência em diversos habitats, aspectos que justificam sua frequente utilização na floricultura e paisagismo (PAULA; SILVA, 2000). Importantes ecologicamente, estas espécies servem de abrigo, e fonte de água e alimento para animais silvestres (JASMIM et al., 2006; MATTEO, 2002).

A família Bromeliaceae está incluída na ordem Poales (APG III, 2009), e compreende cerca de 58 gêneros e aproximadamente 3.172 espécies (LUTHER, 2008). É tradicionalmente dividida em três subfamílias, são elas: Pitcairnoideae, compreende espécies terrestres com sementes aladas disseminadas pelo vento; Bromelioideae, espécies terrestres e epífitas, com frutos carnosos e sementes

disseminadas por animais; e Tillandsioideae, com espécies principalmente epífitas, de sementes plumosas disseminadas pelo vento (BENZING, 2000). Os gêneros mais comuns no Brasil de acordo com essas subfamílias são: subfamília Bromelioideae (*Aechmea*; *Billbergia*; *Neoregelia*; *Nidularium*; *Quesnelia*; *Cryptanthus*; *Bromelia*; *Ananas*); subfamília Tillandsioideae (*Tillandsia*; *Vriesea*; *Guzmania*; *Alcantarea*); e subfamília Pitcairnioideae (*Pitcairnia*; *Dyckia*; *Encholirium*) (PAULA; SILVA, 2000).

Entretanto, levando em conta hipóteses filogenéticas, onde os diferentes clados pertencentes às antigas Pitcairnioideae são tratados como novas subfamílias, Givinish et al. (2007) apresentaram uma nova divisão para a família *Bromeliaceae*, com as seguintes subfamílias: *Brocchinioideae*, *Lindmanioideae*, *Tillandsioideae*, *Hechtioideae*, *Navioideae*, *Bromelioideae*, *Puyoideae* e *Pitcairnioideae*.

As bromélias são plantas herbáceas, perenes, pertencente à classe das Monocotiledôneas, possuem folhas reunidas em agrupamento formando uma roseta, na qual, a água da chuva ou irrigação se acumula normalmente. Sua anatomia compreende raiz, caule, inflorescência e folha, sendo as folhas recobertas por diminutas escamas (escamas peltadas), capazes de absorver água e nutrientes. As escamas associadas à roseta lhe possibilitam adaptar-se a ambientes considerados desfavoráveis às outras plantas (PAULA; SILVA, 2000).

De acordo com Sousa et al. (2008), as inflorescências em *Bromeliaceae* são indeterminadas e sustentadas por um escapo terminal, de tamanho variável, assim deixando a inflorescência encaixada no interior da roseta ou projetando-a acima da roseta. O escapo é contínuo com o eixo da roseta e possui brácteas de cor, tamanho e textura variáveis, dispostas de forma espiralizadas. As brácteas florais são côncavas e aumentadas, podendo se apresentar em diversas cores (marrom, rosa, verde ou vermelha) e de formas diferentes (obpyramidal, oblongo, ovalado, lanceolado ou espatulado). Quanto às flores, essas são sésseis e assim como as brácteas variam de tamanho e coloração.

Distribuição geográfica da família Bromeliaceae

O gênero *Bromelia* só foi estabelecido em 1753, por Carolus Linnaeus, entretanto no Brasil, as bromélias já eram conhecidas e utilizadas pelos nativos para alimentação e extração de fibras (PAULA; SILVA, 2000).

As bromélias ocorrem por todo Brasil, com maior riqueza de espécies na região

de Floresta Atlântica, entre os estados do Paraná e Bahia. Dos 54 gêneros e aproximadamente 2.663 espécies conhecidas que constituem essa família, cerca de 40% dos gêneros e 70% das espécies ocorrem no Brasil (SANTOS et al., 2005).

Distribuem-se em uma grande diversidade de habitats, abrangendo desde os ambientes desérticos quentes e secos até as florestas úmidas e regiões montanhosas mais frias. Podendo vegetar tanto ao nível do mar, como a altitudes acima de 4000 metros (BENZING, 2000). Além disso, essas plantas caracterizam-se por formar micro habitats, contribuindo para conservação da biodiversidade de outros grupos de animais e vegetais (MATTEO, 1994).

De acordo com o seu habitat, as bromélias podem ser classificadas em: terrestres, crescem em vários tipos de solo, como as espécies dos gêneros *Ananas* e *Bromelia*, por exemplo; epífitas, vivem apoiadas sobre em outras plantas, como as espécies dos gêneros *Vriesea* e *Tillandsia*; e rupícolas, crescem apoiadas em rochas, retirando os nutrientes necessários para sua sobrevivência das fendas existentes entre elas, são exemplos as espécies dos gêneros *Dyckia* e *Alcantarea* (PAULA; SILVA, 2000; ARAGÃO, 1999).

A maior parte das espécies conhecidas de bromélias são epífitas, usam outras plantas como apoio, no entanto sem retirar nutrientes delas diretamente (ARAGÃO, 1999). Utilizam os galhos de outros vegetais como estratégia para se sobressair e assim alcançar maior luminosidade, drenagem e carga de ar circulante (ROCHA, 2002).

Além da importância ambiental, o valor econômico das bromélias tem ganhado impulso nos últimos anos. Inicialmente encontradas apenas em jardins botânicos ou estufas privadas, essas espécies têm sido cada vez mais utilizadas como plantas ornamentais, na floricultura e em projetos paisagísticos, em decorrência da sua rusticidade, diversidade de cores, formas e inflorescências (ANACLETO; NEGRELLE, 2009; JASMIM et al., 2006).

Essas espécies ainda servem como abrigo, fonte de água e alimento para diversos animais, constituindo importantes elementos do ecossistema natural (JASMIM et al., 2006). Assim, o cultivo de broméliaceas vêm ganhando espaço entre os produtores, tendo em vista ser uma atividade economicamente rentável e uma boa opção para a floricultura (ROCHA, 2002), algumas espécies também têm seu potencial frutífero reconhecido.

Entretanto, a elevada disponibilidade aliada a fácil acessibilidade em ambiente

natural das bromeliáceas têm direcionado a dependência das cadeias de comercialização de várias espécies ao agroextrativismo predatório, o que pode gerar redução das populações naturais e aumento do número de espécies em risco de extinção (ANACLETO; NEGRELLE, 2009). De acordo com Martinelli et al. (2008), é possível constatar 338 táxons de Bromeliaceae citados em listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção.

***Aechmea multiflora* L.B Sm**

Aechmea é o maior gênero da família das Bromeliaceae, possui 220 espécies, e é o mais diverso da subfamília Bromelioideae, caracterizando-se pelas grandes inflorescências de formas e tamanhos variáveis (SOUSA et al., 2008).

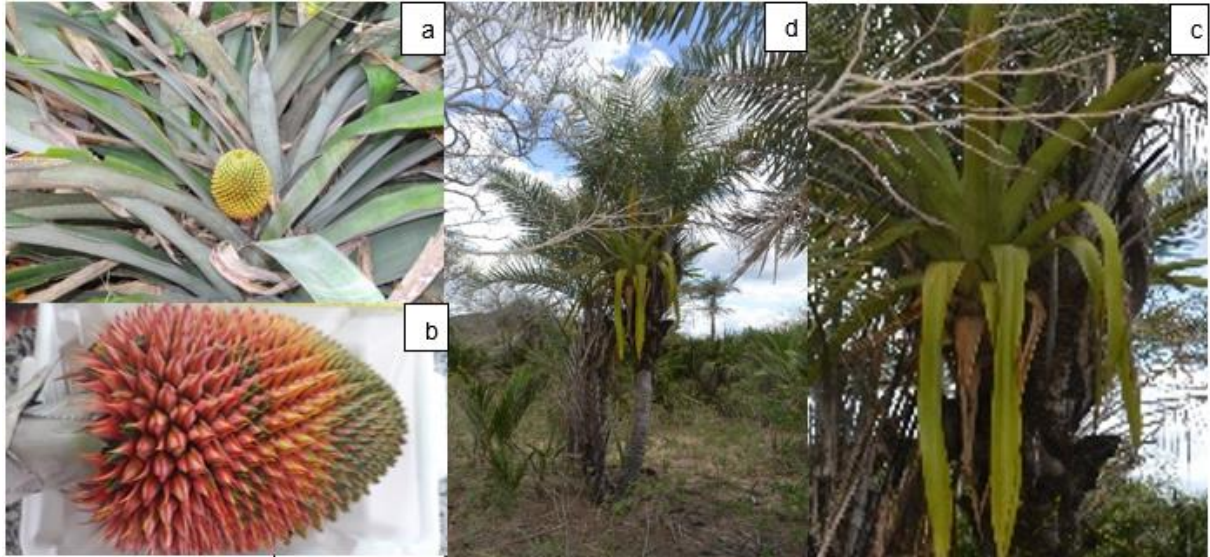
A espécie *Aechmea multiflora* L.B SM. Foi descrita por Maciel et al. (2015) como uma espécie endêmica no Brasil, estando distribuída do estado de Alagoas à Bahia. Seu habitat comum é a floresta costeira de várzea (“restinga”), onde ela cresce como planta terrestre em solos arenosos e sombreados ou como epífita. Essa espécie de potencial frutífero e ornamental (Figura 1), caracteriza-se principalmente por sua inflorescência maciça, globosa e vermelha com brácteas florais também vermelhas, esparsas, com margens serrilhadas ou crenos serradas e ápice cuspidado. As flores possuem pétalas verdes e brácteas e sépalas florais coberta por lepidoto esbranquiçado. O eixo dessa inflorescência é aumentado, seu escapo é longo (60-120 cm), ultrapassando as bainhas das folhas e deixando a inflorescência visível. Suas frutas são comestíveis e apresentam um sabor adocicado (MACIEL et al., 2015; SOUSA et al., 2008).

Canela et al. (2003), descrevem a ocorrência desta espécie somente em alguns locais restritos, e sua pouca representação em coleções de herbário pode ser devido às dificuldades em seu manuseio, e principalmente devido à sua raridade.

Em levantamento de espécies com potencial econômico e/ou ecológico, georreferenciadas numa restinga em Mata de São João (BA), Queiroz (2007), classificou *A. multiflora* como endêmica, subarbusto, ornamental, comestível pelo homem, alimento para fauna de vertebrados de broméliaceas. Resultados obtidos por Rocha (2010), demonstraram a viabilidade da técnica de micropropagação para a produção de mudas in vitro de *A. multiflora*.

Maciel (2017), ao realizar estudos taxonômicos, filogenéticos e biogeográficos

em *Aechmea*, apontaram evidências morfológicas e filogenéticas para segregar sete espécies em um novo gênero chamado *Gravatarum*, dentre elas *A. multiflora*.



Fonte: Acervo próprio

Figura 1. (a,b)-Inflorescência de *Aechmea multiflora*; (c,d)-*Aechmea multiflora* sob Licurizeiro (*Syagrus coronata*), em Comunidade Jatobá-BA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Jose Jakson Amancio; DE ARAÚJO, Maria Aparecida; DO NASCIMENTO, Sebastiana ZHENG. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga** , v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.

ANACLETO, Adilson; NEGRELLE, Raquel Rejane Bonato. Extrativismo de rametes e propagação vegetativa de *Aechmea nudicaulis* (L.) Griseb.(Bromeliaceae). **Scientia Agraria** , v. 10, n. 1, p. 85-88, 2009.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009.

ARAGÃO, G. Bromélias. O mundo das Bromélias. **São Paulo: Ed. On line**. Ano 1, nº 1, 1999. 66p.

AZEVEDO, João Lúcio et al. Microrganismos endofíticos: uma revisão sobre o controle de insetos e avanços recentes em plantas tropicais. **Electronic Journal of Biotechnology** , v. 3, n. 1, pág. 15-16, 2000.

AZEVEDO, João Lúcio. Microrganismos endofíticos. **Ecologia microbiana** , p. 117-137, 1998.

BACKMAN, Paul A.; SIKORA, Richard A. Endophytes: an emerging tool for biological control. **Biological control**, v. 46, n. 1, p. 1-3, 2008.

BALDANI, J. I. et al. Characterization of *Herbaspirillum seropedicae* gen. nov., sp. nov., a root-associated nitrogen-fixing bacterium. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 36, n. 1, p. 86-93, 1986.

BENZING, David H.; BENNETT, B. **Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation**. Cambridge University Press, 2000.

BORGES, Keyller Bastos et al. Stereoselective biotransformations using fungi as biocatalysts. **Tetrahedron: Asymmetry**, v. 20, n. 4, p. 385-397, 2009.

BORGES, Warley de S. et al. Endophytic fungi: natural products, enzymes and biotransformation reactions. **Current Organic Chemistry**, v. 13, n. 12, p. 1137-1163, 2009.

CACHUMBA, Jorge Javier Muso et al. Current applications and different approaches for microbial L-asparaginase production. **brazilian journal of microbiology**, v. 47, p. 77-85, 2016.

CHAPLA, Vanessa M.; BIASETTO, Carolina R.; ARAUJO, Angela R. Fungos endofíticos: uma fonte inexplorada e sustentável de novos e bioativos produtos naturais. **Revista Virtual de química**, p. 421-437, 2013.

CLAY, Keith; SCHARDL, Christopher. Evolutionary origins and ecological consequences of endophyte symbiosis with grasses. **the american naturalist**, v. 160, n. S4, p. S99-S127, 2002.

DE SOUSA, Gardene Maria; LAPA WANDERLEY, MARIA DAS GRAÇAS; ALVES, Marccus. Inflorescence architecture in Brazilian species of *Aechmea* subgenus *Chevaliera* (Bromeliaceae–Bromelioideae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 158, n. 4, p. 584-592, 2008.

DUTTA, Devanushi et al. Endophytes: exploitation as a tool in plant protection. **Brazilian archives of Biology and Technology**, v. 57, n. 5, p. 621-629, 2014.

ELIAS, Luciana M. et al. The potential of compounds isolated from *Xylaria* spp. as antifungal agents against anthracnose. **brazilian journal of microbiology**, v. 49, n. 4, p. 840-847, 2018.

ESPOSITO, Elisa; AZEVEDO, JL de. Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia. **Caxias do Sul: Educs**, p. 510, 2004.

FERRARA, M. A. Fungos Endofíticos. Potencial para a produção de substâncias Bioativas. **Revista Fitos**, v. 2, n. 01, p. 73-79, 2006.

FERREIRA CANELA, Maria Bernadete; LOPEZ PAZ, Natalia Prado; WENDT, Tania. Revision of the *Aechmea multiflora* complex (Bromeliaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 143, n. 2, p. 189-196, 2003.

FOUDA, Amr Hamza et al. Biotechnological applications of fungal endophytes associated with medicinal plant *Asclepias sinaica* (Bioss.). **Annals of Agricultural Sciences**, v. 60, n. 1, p. 95-104, 2015.

FREIRE, Francisco das Chagas Oliveira; VASCONCELOS, Fábio Roger; DE LIMA COUTINHO, Ingrid Bernardo. Fungos endofíticos: uma fonte de produtos bioativos de importância para a humanidade. **Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA**, v. 16, n. 1, 2014.

GAO, Fu-kang; DAI, Chuan-chao; LIU, Xiao-zhen. Mechanisms of fungal endophytes in plant protection against pathogens. **African Journal of Microbiology Research**, v. 4, n. 13, p. 1346-1351, 2010.

GIRI, Rupa; DUDEJA, Surjit Singh. Root colonization of root and nodule endophytic bacteria in legume and non legume plants grown in liquid medium. **J. Microbiol**, v. 1, n. 6, p. 75-82, 2013.

GIULIETTI, Ana Maria et al. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**, 2003.

GIVNISH, Thomas J. et al. Phylogeny, adaptive radiation, and historical biogeography of Bromeliaceae inferred from *ndhF* sequence data. **Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany**, v. 23, n. 1, p. 3-26, 2007.

GONÇALVES, Francisco José Teixeira; FREIRE, Francisco das Chagas Oliveira; LIMA, Joilson Silva. Fungos endofíticos e seu potencial como produtores de compostos bioativos. **Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA**, v. 15, n. 1, 2013.

HARDOIM, Pablo R. et al. The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 79, n. 3, p. 293-320, 2015.

HUSSAIN, Hidayat et al. Antimicrobial constituents from three endophytic fungi. **Asian Pacific journal of tropical medicine**, v. 7, p. S224-S227, 2014.

IKRAM, Muhammad et al. IAA producing fungal endophyte *Penicillium roqueforti* Thom., enhances stress tolerance and nutrients uptake in wheat plants grown on heavy metal contaminated soils. **PLoS One**, v. 13, n. 11, p. e0208150, 2018.

ISLAIR, Priscila et al. Bromélias na Caatinga: um oásis para os invertebrados. **Biotemas**, v. 28, n. 1, p. 67-77, 2015.

JASMIM, Janie M. et al. Fibra de coco e adubação foliar no crescimento e na nutrição de *Cryptanthus sinuosus*. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 3, p. 309-314, 2006.

KAUL, Sanjana et al. Endophytic fungi from medicinal plants: a treasure hunt for bioactive metabolites. **Phytochemistry reviews**, v. 11, n. 4, p. 487-505, 2012.

KHAN, Abdul Latif et al. Endophytic fungi: resource for gibberellins and crop abiotic stress resistance. **Critical reviews in biotechnology**, v. 35, n. 1, p. 62-74, 2015.

KHAN, Abdul Latif et al. Endophytic microbes: a resource for producing extracellular enzymes. In: **Endophytes: Crop productivity and protection**. Springer, Cham, 2017. p. 95-110.

KOGEL, Karl-Heinz; FRANKEN, Philipp; HÜCKELHOVEN, Ralph. Endophyte or parasite—what decides?. **Current opinion in plant biology**, v. 9, n. 4, p. 358-363, 2006.

KRISHNAPURA, Prajna Rao; BELUR, Prasanna D. Isolation and screening of endophytes from the rhizomes of some Zingiberaceae plants for L-asparaginase production. **Preparative Biochemistry and Biotechnology**, v. 46, n. 3, p. 281-287, 2016.

KUMAR, NS Mohan; MANONMANI, H. K. Purification, characterization and kinetic properties of extracellular L-asparaginase produced by *Cladosporium* sp. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 29, n. 4, p. 577-587, 2013.

KUSWINANTI, Tutik et al. The potency of endophytic fungal isolates collected from local aromatic rice as indole acetic acid (IAA) producer. **Procedia Food Science**, v. 3, p. 96-103, 2015.

LANDUM, Miguel C. et al. Antagonistic activity of fungi of *Olea europaea* L. against *Colletotrichum acutatum*. **Microbiological research**, v. 183, p. 100-108, 2016.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; DA SILVA, J. M. C. Ecologia e conservacao da Caatinga. Editora Universitária UFPE. Recife. 2003.

LI, Hui et al. Isolation and evaluation of endophytic *Bacillus tequilensis* GYLH001 with potential application for biological control of *Magnaporthe oryzae*. **PLoS One**, v. 13, n. 10, p. e0203505, 2018.

LIU, C. H. et al. Study of the antifungal activity of *Acinetobacter baumannii* LCH001 in vitro and identification of its antifungal components. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 76, n. 2, p. 459-466, 2007

LUTHER, H.E. **An alphabetical list of bromeliad binomials**. Sarasota^ eFlorida Florida: Bromeliad Society International, 2008.

LUZ, Jaqueline Silva et al. Atividade enzimática de fungos endofíticos e efeito na promoção do crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 2, p. 128-134, 2006.

MACIEL, Jefferson Rodrigues. Estudos taxonômicos, filogenéticos e biogeográficos em Aechmea (Bromeliaceae). 2017.

MACIEL, Jefferson Rodrigues; LOUZADA, Rafael; ALVES, Marccus. Aechmea Ruiz & Pavón from the northern portion of the Atlantic Forest. **Rodriguésia**, v. 66, n. 2, p. 477-492, 2015.

MAIA, Leonor C. et al. Diversity of Brazilian fungi. **Rodriguésia**, v. 66, n. 4, p. 1033-1045, 2015.

MARTINELLI, Gustavo et al. Bromeliaceae da Mata Atlântica brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação. **Rodriguésia**, v. 59, n. 1, p. 209-258, 2008.

MATTEO, Beatriz Cristina de. **Biodiversidade e ecofisiologia de fungos micorrízicos arbusculares em associação com bromélias**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MATTEO, Beatriz Cristina de. Preservação da biodiversidade: restabelecimento de espécies vegetais da família Bromeliaceae em áreas degradadas na Amazônia Central. 1994.

PÁDUA, Ana Patrícia Sousa Lopes de et al. Fungal endophyte diversity in the leaves of the medicinal plant *Myracrodruon urundeuva* in a Brazilian dry tropical forest and their capacity to produce L-asparaginase. **Acta Botanica Brasilica**, v. 33, n. 1, p. 39-49, 2019.

PALANICHAMY, Prabha et al. Bioactive potential of secondary metabolites derived from medicinal plant endophytes. **Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 5, n. 4, p. 303-312, 2018.

PAULA, CC de; SILVA, HMP da. Cultivo prático de bromélias. **Viçosa: UFV**. 2000. p.116.

PETRINI, Orlando et al. Ecology, metabolite production, and substrate utilization in endophytic fungi. **Natural toxins**, v. 1, n. 3, p. 185-196, 1993.

PETRINI, Orlando. Fungal endophytes of tree leaves. In: **Microbial ecology of leaves**. Springer, New York, NY, 1991. p. 179-197.

PETRINI, Orlando; STONE, Jeffrey; CARROLL, Fanny E. Endophytic fungi in evergreen shrubs in western Oregon: a preliminary study. **Canadian Journal of Botany**, v. 60, n. 6, p. 789-796, 1992.

PRETO, Iara Donadão. **Identificação do potencial biotecnológico de microrganismos endofíticos na produção de compostos inseticidas e biorremediação**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

QUEIROZ, Erivaldo Pereira. Levantamento florístico e georreferenciamento das espécies com potencial econômico e ecológico em restinga de Mata de São João, Bahia, Brasil. **Biotemas**, v. 20, n. 4, p. 41-47, 2007.

RAJAMANIKYAM, Maheshwari et al. Endophytic fungi as novel resources of natural therapeutics. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 60, 2017.

RAKOTONIRIANA, E. F. et al. Endophytic fungi from leaves of *Centella asiatica*: occurrence and potential interactions within leaves. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 93, n. 1, p. 27-36, 2008.

REDMAN, Regina S.; DUNIGAN, David D.; RODRIGUEZ, Rusty J. Fungal symbiosis from mutualism to parasitism: who controls the outcome, host or invader?. **New Phytologist**, v. 151, n. 3, p. 705-716, 2001.

ROCHA, Moema Angélica Chaves. **Multiplicação e conservação de Bromeliáceae Ornamentais**. 2013.

ROCHA, Pauletti Karllien et al. **Desenvolvimento de bromélias em ambientes protegidos com diferentes alturas e níveis de sombreamento**. 2002. Tese de Doutorado. USP-ESALQ.

SANTOS, Anadalvo Juazeiro; BITTENCOURT, Alexandre Muzy; NOGUEIRA, Alex Sandro. Aspectos econômicos da cadeia produtiva das bromélias na região metropolitana de Curitiba e litoral paranaense. **Floresta**, v. 35, n. 3, 2005.

SANTOS, MG da S. et al. Screening of endophytic fungi from cactus of the Brazilian tropical dry forest according to their L-asparaginase activity. **Sydowia**, v. 67, p. 147-156, 2015.

SILVA, Roberta Lane de Oliveira et al. Fungos endofíticos em *Annona* spp.: isolamento, caracterização enzimática e promoção do crescimento em mudas de pinha (*Annona squamosa* L.). **Acta Botanica Brasílica**, v. 20, n. 3, p. 649-655, 2006.

SILVA, Leticia F. et al. *Penicillium* and *Talaromyces* endophytes from *Tillandsia catimbauensis*, a bromeliad endemic in the Brazilian tropical dry forest, and their potential for L-asparaginase production. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 34, n. 11, p. 1-12, 2018.

SILVA, Paulo HF da et al. Antifungal polyketides and other compounds from amazonian endophytic talaromyces fungi. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 29, n. 3, p. 622-630, 2018.

SOUZA, Antonia Queiroz Lima de et al. Atividade antimicrobiana de fungos endofíticos isolados de plantas tóxicas da amazônia: *Palicourea longiflora* (aubl.) rich e *Strychnos cogens bentham*. **Acta amazônica**, v. 34, n. 2, p. 185-195, 2004.

STROBEL, Gary. The emergence of endophytic microbes and their biological promise. **Journal of Fungi**, v. 4, n. 2, p. 57, 2018.

SUNITHA, V. H.; NIRMALA DEVI, D.; SRINIVAS, C. Extracellular enzymatic activity of endophytic fungal strains isolated from medicinal plants. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 9, n. 1, p. 1-9, 2013

TAN, Ren Xiang; ZOU, Wen Xin. Endophytes: a rich source of functional metabolites. **Natural product reports**, v. 18, n. 4, p. 448-459, 2001.

THEANTANA, T.; HYDE, K. D.; LUMYONG, S. Asparaginase production by endophytic fungi isolated from some Thai medicinal plants. **Current Applied Science and Technology**, v. 7, n. 1-1, p. 13-18, 2007.

WANG, Bo et al. Fungal endophytes of native *Gossypium* species in Australia. **Mycological Research**, v. 111, n. 3, p. 347-354, 2007.

WANG, Yu; DAI, Chuan-Chao. Endophytes: a potential resource for biosynthesis, biotransformation, and biodegradation. **Annals of Microbiology**, v. 61, n. 2, p. 207-215, 2011.

YATES, I. E.; BACON, C. W.; HINTON, D. M. Effects of endophytic infection by *Fusarium moniliforme* on corn growth and cellular morphology. **Plant disease**, v. 81, n. 7, p. 723-728, 1997.

ZAIYOU, Jian et al. Isolation and identification of an endophytic fungus producing paclitaxel from *Taxus wallichiana* var *mairei*. **Nutricion hospitalaria**, v. 32, n. 6, p. 2932-2937, 2015.

ARTIGO 1**FUNGOS ENDOFÍTICOS ASSOCIADOS À *Aechmea multiflora* (Bromeliaceae)¹**

¹Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico ciências agrárias

Fungos endofíticos associados à *Aechmea multiflora* (Bromeliaceae)

Resumo: As bromélias, são espécies vegetais amplamente utilizadas no paisagismo. Praticamente nada se conhecia a respeito da micota endofítica associada a *Aechmea multiflora* até a realização deste trabalho. Por se tratar de uma espécie com grande potencial alimentício foi escolhida como planta alvo deste estudo. Amostras desta planta foram coletadas em três ocasiões distintas na comunidade de Jatobá, município de Milagres, BA, para identificação morfológica dos fungos endófitos presentes. A ocorrência desses fungos como endófitos em outras plantas e locais foram pesquisados na literatura. As raízes de *A. multiflora* apresentaram maior número de isolados do que as folhas e caule. Foram identificadas 65 isolados fúngicos (dos quais 16 de folhas, 13 de caules e 36 de raízes), distribuídos em 12 gêneros mais *Mycelia sterilia*, mencionados a seguir com seus respectivos: *Penicillium* (15), *Aspergillus* (4), *Chaetomium* (10), *Trichoderma* (13), *Lasiodiplodia* (1), *Fusarium* (4), *Cladosporium* (2), *Curvularia* (1), *Pestalotiopsis* (1), *Polyschema* (1), *Rhizophus* (1) e *Thielaviopsis* (1). *Penicillium*, *Trichoderma*, *Chaetomium* e *Fusarium*, foram frequentemente isolados das raízes, enquanto *Cladosporium* e *Thielaviopsis*, predominaram nas folhas e caule. Algumas das espécies de fungos estudadas constam na literatura como potenciais agentes de biocontrole e promotores de crescimento vegetal.

Palavras-chave: Bromélia; Endofitismo; Micota brasileira

Endophytic fungi associated with *Aechmea multiflora* (Bromeliaceae)

Abstract: Bromeliads are plant species widely used in landscaping. Virtually nothing was known about the endophytic mycota associated with *Aechmea multiflora* until this work was done. As it is a species with great nutritional potential, was chosen as the target plant for this study. Samples of *A. multiflora* were collected on three separate occasions in the community of Jatobá, municipality of Milagres, BA, aiming to isolate its endophytic fungi. The fungal species were identified morphologically and their occurrences as endophytes in other plants and localities were searched in the literature. Roots of *A. multiflora* yielded more isolates than leaves and stems. 65 fungal isolates (including 16 leaves, 13 stems and 36 roots) were identified, distributed in 12 genera plus *Mycelia sterilia*, mentioned below with their respective number: *Penicillium* (15), *Aspergillus* (4), *Chaetomium* (10), *Trichoderma* (13), *Lasiodiplodia* (1), *Fusarium* (4), *Cladosporium* (2), *Curvularia* (1), *Pestalotiopsis* (1), *Polyschema* (1), *Rhizophus* (1) and *Thielaviopsis* (1). *Penicillium*, *Trichoderma*, *Chaetomium* and *Fusarium*, were often isolated from the roots, while *Cladosporium* sp. and *Thielaviopsis* sp., predominated in the leaves and stem. Some of the fungal species studied are listed in the literature as potential biocontrol agents and promoters of plant growth.

Keywords: Bromeliad; Endophytism; Brazilian mycota

INTRODUÇÃO

As plantas encontram-se associadas intimamente aos microrganismos presentes no seu habitat, principalmente aqueles que vivem internamente nos seus tecidos (HARDOIM et al., 2015). Os fungos podem ser divididos em: patogênicos, sapróbios, micorrízicos, epifíticos e endofíticos desempenhando papéis funcionais em resposta a fatores bióticos e abióticos (PORRAS-ALFARO; BAYMAN, 2011). Os microrganismos endofíticos, são componentes importantes dos micro-sistemas habitando de forma assintomática os tecidos internos da planta (JIA et al., 2016).

Os endófitos e suas plantas hospedeiras podem ter co-evoluido ao longo de milhares de anos (KHAN et al., 2013). Comensalismo e o mutualismo representam estágios de equilíbrio das interações endófito/planta (KOGEL et al., 2006). Em troca de nutrição e proteção da planta hospedeira, os endófitos promovem modificações fisiológicas nas plantas, melhorando a adaptabilidade ecológica dos hospedeiros; beneficiando as plantas pela produção de metabólitos secundários capazes de conferir resistência contra insetos e herbívoros; estimulando maior proteção contra fitopatógenos e tolerância a estresses ambientais e substâncias tóxicas, além de acentuar o crescimento vegetativo da planta (ZOU; TAN, 2001; RAKOTONIRIANA et al., 2007; AZEVEDO et al., 2000).

As vantagens do uso de endófitos na agricultura e outras atividades humanas têm gerado interesse entre ecologistas, agrônomos, químicos e taxonomistas (ZHENG et al., 2016). Sua utilidade se estende à indústria, particularmente na alimentícia e farmacêutica (SOUZA et al., 2004;). Esses microrganismos produzem interessantes compostos ativos com potencial promissor em questões de segurança alimentar e saúde (KAUL et al., 2012).

Esses compostos possuem alto valor biotecnológico como antibióticos, antimicrobianos voláteis, antioxidantes, compostos imunossupressores e drogas antitumorais (AZEVEDO et al., 2000; STROBEL, 2018). Na agricultura têm sido usados em formulações líquidas para aplicações foliares ou tratamentos de sementes (SANTOS et al., 2019).

Diversos estudos vêm mostrando a eficiência desses endófitos no controle biológico de pragas e doenças, na promoção de crescimento e na adaptabilidade às

condições de estresse ambientais (BEZERRA, 2015; SBRAVATTI JUNIOR et al., 2013; SANTOS, 2014). Os estudos têm se concentrado na micota de plantas de regiões tropicais úmidas e temperadas (BANERJEE, 2011), porém o conhecimento a respeito da comunidade endofítica em plantas de clima seco ainda é incipiente (GONÇALVES et al., 2016; FREIRE; BEZERRA, 2001). A floresta tropical seca do Brasil, Caatinga, abriga inúmeras espécies de bromélias embora sua comunidade vegetal seja imperfeitamente conhecida (GIULIETTI et al., 2003). Essa região caracterizada por condições climáticas extremas (PRADO, 2003) possui uma flora adaptada xericamente onde despontam muitas espécies de Bromeliaceae (GIULIETTE et al., 2003) que se destacam pela rara beleza de suas formas, cores, inflorescências e folhas, justificando sua frequente utilização na floricultura e paisagismo (PAULA; SILVA, 2000).

Aechmea multiflora L.B SM. é uma espécie de bromélia endêmica no Brasil, que se encontra distribuída do estado de Alagoas à Bahia. Seu habitat comum é a floresta costeira de várzea (“restinga”), onde ela cresce como planta terrestre em solos arenosos e sombreados ou como epífita. Essa espécie de potencial frutífero e ornamental, caracteriza-se principalmente por sua inflorescência maciça, globosa e vermelha, que resulta em uma infrutescência comestível e de sabor adocicado (MACIEL et al., 2015; SOUSA et al., 2008).

Estudos relacionados à ocorrência e identificação de fungos endofíticos associados às plantas de menor interesse econômico e ornamentais como as bromélias, ainda são raros se comparados às culturas de maior valor comercial. Este é o primeiro estudo sobre a ocorrência de fungos endofíticos associados a *A. multiflora*. Deste modo, o objetivo neste trabalho foi a caracterização da micota endofítica associada à *Aechmea multiflora* no município de Milagres, Bahia e a revisão da literatura sobre a endofitose e patogenidade dos fungos encontrados.

MATERIAL E MÉTODOS

Durante o período de Março/2019 a Julho/2019, foram realizadas três coletas, na comunidade de Jatobá, pertencente ao município de Milagres, BA, de coordenadas 12°52'12" S - 39°51'32" W e 400 m de altitude. O relevo é caracterizado por uma litologia de origem no Pré-Cambriano Inferior, composta por gnaisses, migmatitos e intrusões de granitos. O clima da região é semiárido, classificado como BSh de acordo com Köppen e Geiger (1928). A precipitação média anual é de aproximadamente 481 mm, de distribuição irregular e altas temperaturas (SEI, 1999).

Material vegetal

Em cada incursão, foram coletadas duas amostras de *Aechmea multiflora* L.B SM., de hábito terrestre e epifítico, sem sintomas aparentes de doenças ou injúrias, consistindo de plantas inteiras com caule, folhas e raízes, variando de 100 a 150 cm de comprimento, perfazendo um total seis amostras (três amostras epifíticas e três amostras terrestres). Esses exemplares foram encaminhados para isolamentos no Laboratório de Microbiologia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Na condução desse estudo apenas plantas de *A. multiflora* com aparência saudável foram selecionadas.

Isolamentos de fungos endofíticos

No laboratório, com o propósito de eliminar comunidades microbianas externas e possibilitar a exteriorização da população interna presente, o material vegetal foi submetido ao processo de desinfestação superficial sob condições assépticas. Com auxílio de um bisturi esterilizado, de cada amostra, foram cortados cinco fragmentos das folhas, caule e raiz, de aproximadamente 1 cm, os quais foram desinfestados

primeiramente em água estéril, solução salina (NaCl 0,85%) + duas gotas de Tween, álcool a 70% durante 60s, solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 1% por 60s, e em seguida submetidos à três lavagens consecutivas em água destilada esterilizada.

Após a desinfestação superficial, os fragmentos foram transferidos para placas de Petri, em triplicata, contendo meio de cultura BDA (Batata Dextrose Ágar) e Extrato de Malte. As placas foram incubadas em temperatura ambiente ($28\pm 2^\circ\text{C}$) e o desenvolvimento das colônias fúngicas observado diariamente. Após o surgimento das colônias estas passaram por sucessivos repiques até obtenção de culturas axênicas de cada fungo isolado.

Para comprovar a eficácia da desinfestação, 50 μL da água da última lavagem dos fragmentos foi espalhada sobre a superfície dos mesmos meios em placas de Petri sob as mesmas condições (PEREIRA et al., 1993).

Conservação

Uma vez purificados, os isolados obtidos foram preservados pelo método Castellani (CASTELLANI, 1939) em frascos com água destilada estéril hermeticamente fechados. Foram também mantidos sob refrigeração em tubos criogênicos de 2,0 ml contendo glicerol a 20%, para posterior identificação.

Identificação

As identificações genéricas e específicas foram realizadas no Laboratório de Microscopia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). A partir de culturas puras, foram preparadas lâminas com fragmentos do micélio das colônias para posterior caracterização micromorfológica das estruturas reprodutivas e somáticas dos fungos. A caracterização macromorfológica abrangeu aspecto da colônia, coloração do micélio aéreo, coloração do reverso da colônia e difusão de pigmento no meio. As características observadas foram utilizadas para identificação das espécies por meio de chaves taxonômicas e comparação com descrições

específicas na literatura disponível (CARMICHAEL; KENDRICK; CONNERS; SIGLER, 1980).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos 65 isolados fúngicos, que com base em caracterização morfológica foram distribuídos em doze gêneros mais Mycelia Sterilia (Figura 2).

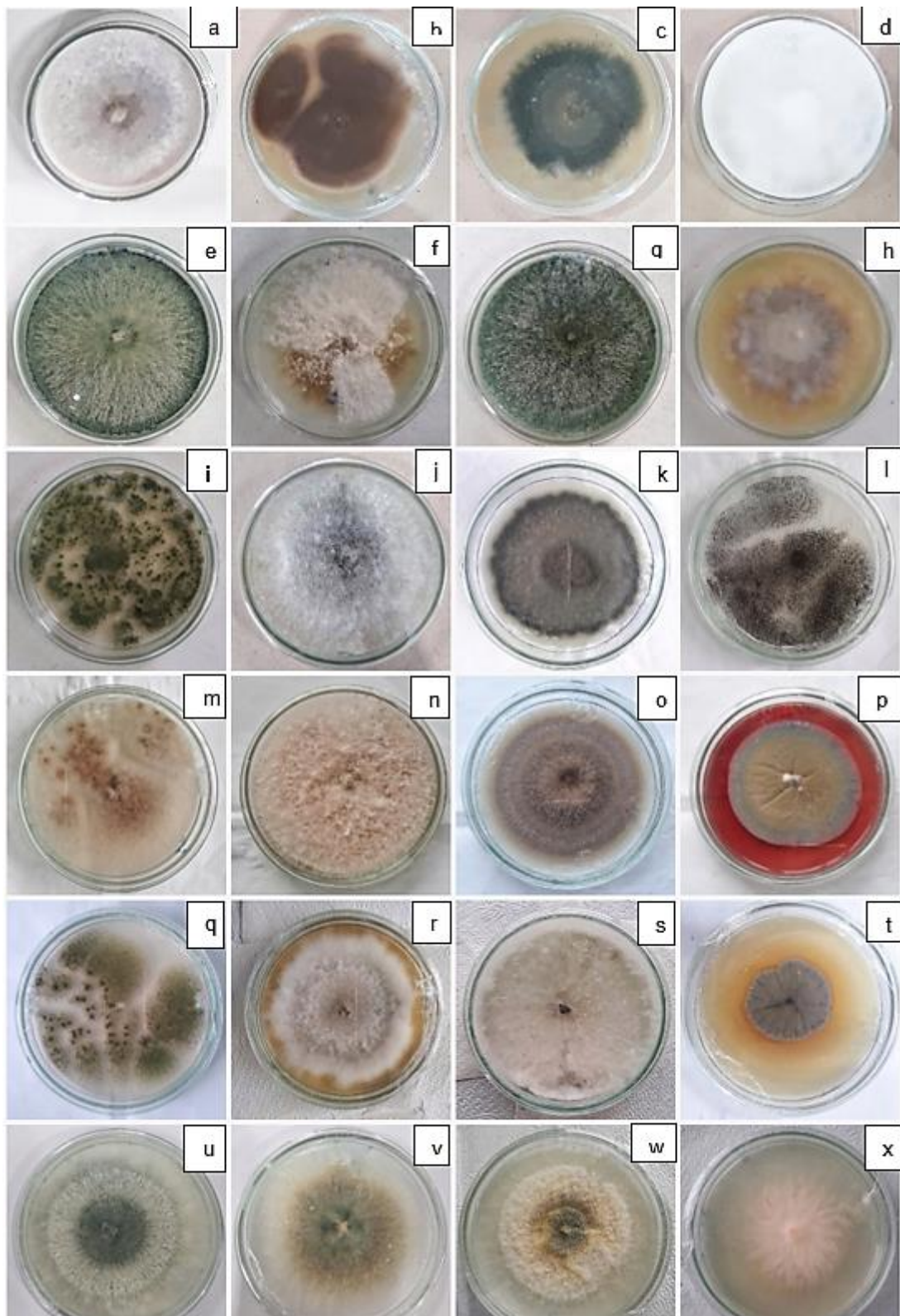


Figura 2. Morfoespécies de fungos endofíticos isolados de folhas, caules e raízes de *A. multiflora* terrestre e epífita. (a). *Rhizopus*; (b, c, q). *Penicillium*; (d, e, g, u, v, w). *Trichoderma*; (f, n). *Fusarium*; (g, p). *Chaetomium*; (i, l, m). *Aspergillus*; (j). *Lasiodiplodia*; (k). *Polyschema*; (o). *Pestalotiopsis*; (r, t). *Cladosporium*; (s). *Thielaviopsis*; (x). Mycelia sterilia.

O gênero mais frequentemente isolado foi *Penicillium* (15 isolados), seguido por *Trichoderma* (13 isolados), *Chaetomium* (10 isolados), *Aspergillus* (4 isolados), *Fusarium* (4 isolados), e *Cladosporium* (2 isolados) (Figura 3), sugerindo que eles podem ter maior importância biológica para *A. multiflora*. Os demais gêneros foram encontrados em menor abundância, *Lasiodiplodia* (1 isolado), *Curvularia* (1 isolado), *Pestalotiopsis* (1 isolado), *Polyschema* (1 isolado) e *Thielaviopsis* (1 isolado) e *Rhizopus* (1 isolado). A composição de um microbioma endófito, de acordo com Porrás-Alfaro e Bayman (2011), pode variar conforme o tipo e idade do hospedeiro, disponibilidade de nutrientes no tecido vegetal, textura da planta, condições ambientais e interações com o microbioma externo,

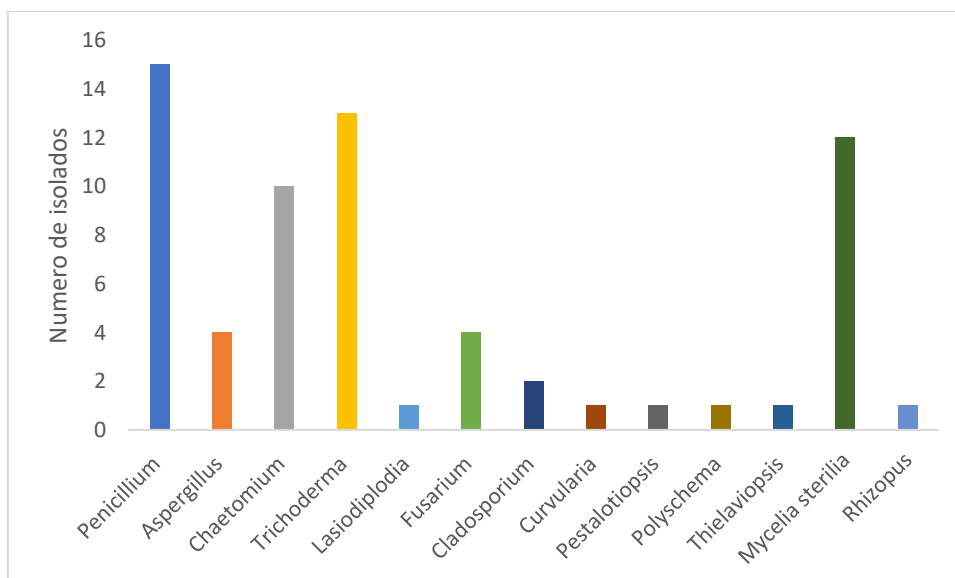


Figura 3. Gêneros de fungos endofíticos e Mycelia sterilia obtidos de *A. multiflora* na Comunidade do Jatobá, Milagres – Bahia.

Das amostras terrestres 35 isolados foram obtidos, em sua maior parte concentrados nas raízes, com destaque para os gêneros *Penicillium* e *Chaetomium*. Este é o primeiro relato de *Chaetomium* como endofítico em bromeliáceas. Espécies deste gênero foram reportadas como endofíticas em folhas de *Heliconia stricta* (CERQUEIRA et al, 2013); *Viguiera robusta* (MOMESSO et al., 2008); *Vellozia compacta* (RODRIGUES, 2010); orquídeas (SANTOS et al., 2018). *Penicillium* já foi constatado como endófito em algumas espécies de plantas (VEGA et al., 2006; JOUDA et al., 2016; YUAN et al., 2019). Silva et al. (2018) constataram sua presença como endófito em *Tillandsia catimbauensis*, bromeliácea endêmica da Caatinga.

Nas amostras epífitas 30 isolados foram caracterizados morfológicamente, com predominância dos gêneros *Penicillium* e *Trichoderma*. O gênero *Trichoderma* foi constatado exclusivamente nas raízes e caules de *A. multiflora* mostrando seletividade quanto aos tecidos da planta. De acordo com HARMAN et al. (2004), o gênero *Trichoderma* compreende ascomicetos de vida livre, comuns em solo e raízes.

Estudos demonstram que alguns fungos endofíticos tem preferência por determinados tipos de tecido ou órgão vegetal (VON-HALMSCHALAGER et al., 1993; BUSSABAN et al., 2001; SILVA et al., 2006).

Doze isolados não formaram estruturas reprodutivas, sendo designados como Mycelia sterilia. De acordo com Sun e Guo (2012) muitos fungos endofíticos desenvolvem apenas hifas em cultura demandando identificação molecular.

Todos os gêneros identificados pertencem ao filo Ascomycota com exceção de *Rhizopus* que pertence ao filo Mucoromycota.

Os Ascomycota (coloquialmente ascomicetos) endofitos se apresentam em sua maioria na forma conidial ou assexuada (STROBEL, 2018). As espécies encontradas pertencem às classes Sordariomycetes, Eurotiomycetes e Dothideomycetes e às ordens Eurotiales, Hypocreales, Sordariales, Pleosporales, Capnodiales, Xylariales, Microascales e Botryosphaeriales. Os Mucoromycota (zigomicetos) são pouco representados entre os fungos endofitos, daí porque apenas o gênero *Rhizopus* foi isolado.

A distribuição dos fungos apresentou variação conforme os órgãos vegetais estudados o que também foi observado por Porrás-Alfaro e Bayman (2011). Nas raízes de *A. multiflora* ocorreu maior abundância de isolados, se comparados com folhas e caule. Nas raízes, os gêneros predominantes foram *Penicillium*, *Trichoderma*,

Chaetomium e *Fusarium*. Nas folhas e caule, os gêneros *Cladosporium* e *Thielaviopsis* foram mais encontrados (Figura 4).

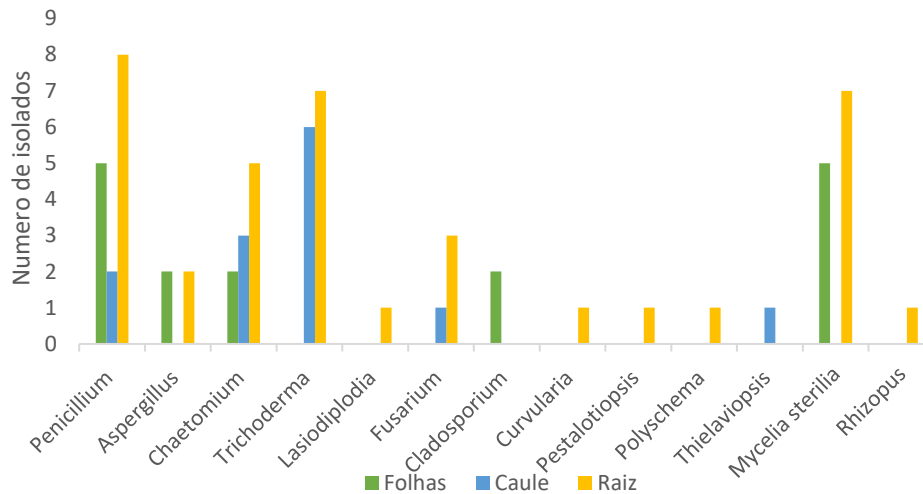


Figura 4. Distribuição dos gêneros fúngicos obtidos por isolamento em folhas, caule e raízes de *A. multiflora*.

Em estudo realizado no ecossistema da restinga de Jurubatiba, RJ, Bezerra et al. (2019) identificaram em *Aechmea nudicaulis* e *Bromelia antiacantha* os gêneros *Aspergillus*, *Curvularia*, *Penicillium*, *Pestalotiopsis* e *Trichoderma* que também foram encontrados neste trabalho como endófitos. Além destes, os autores identificaram *Bipolaris*, *Monilia* e *Nigrospora* não assinalados aqui.

A variação dos táxons encontrados em levantamentos de fungos endófitos decorre em parte da seletividade das espécies em relação aos hospedeiros, porém depende também da metodologia utilizada nas pesquisas, tais como, técnica de isolamento, forma de esterilização da superfície do órgão vegetal, meios de cultura utilizados, condições de incubação e a capacidade de esporulação dos isolados in natura (SUN; GUO, 2012).

A riqueza, frequência e similaridade de fungos associados a bromeliáceas de ecossistemas naturais e cultivadas na Bahia foram estudadas em nove espécies: *Alcantarea nahoumii*, *Vriesea bahiana*, *Aechmea sp.*, *Aechmea aquilega*,

Hohenbergia catingae, *Tillandsia gardneri*, *Aechmea victoriana*, *A. naohoumii* e *Neoregelia compacta* em três localidades: Serra da Jibóia, Morro da Redenção e Orquilândia Tropical, nos municípios de Santa Terezinha, Morro do Chapéu e Camaçari, respectivamente (PALHA et al., 2018). Os autores assinalaram 19 gêneros distribuídos em 27 táxons e estudaram a diversidade fúngica tanto nos ecossistemas naturais como em uma área cultivada comercialmente.

Endofítia e patogenicidade dos táxons encontrados

Gênero *Penicillium*

Fungos do gênero *Penicillium* são conhecidos pela capacidade de causar podridão em diversos vegetais e deterioração de sementes, mas, outras espécies são relevantes para a produção industrial de antibióticos, enzimas e uso no controle biológico de doenças de plantas (DONATI, 2008).

Estudos vêm sendo realizados com o propósito de investigar o potencial desse gênero para produção de substâncias bioativas, como por exemplo, a L-asparaginase (SILVA et al., 2018; SHRIVASTAVA et al., 2012; CHOW; TING, 2015). A L-asparaginase é uma enzima comumente utilizada pela indústria farmacêutica para tratamento de leucemia linfoblástica aguda e outros cânceres relacionados (CAPIZZI; BERTINO; HANDSCHUMACHER, 1970).

Esse gênero foi o mais frequentemente isolado de folhas, raízes e frutos de *Melia azedarach* (SANTOS et al., 2003) e Pallu (2010) detectou *Penicillium* colonizando endofiticamente o sistema radicular de cana-de-açúcar. Silva et al. (2006), também obtiveram espécies endófitas desse gênero em *Annona* sp. *Penicillium* mostrou antagonismo contra o fungo *Fusarium verticillioides*, considerado um dos principais patógenos da cultura do milho em todo o mundo (DINIZ, 2018);

Gênero *Trichoderma*

Foram obtidos 13 isolados deste gênero neste trabalho. Pesquisas recentes demonstraram o endofitismo de *Trichoderma* em bromeliáceas. Souza et al. (2016) isolaram endofíticos de plantas do bioma Caatinga, dentre elas, *Ananas comosus* var. *bracteatus* e obtiveram um isolado capaz de reduzir consistentemente a gravidade da doença Fusariose do Abacaxi causada por *Fusarium guttiforme*. Isolados de *Trichoderma* provenientes de plantas da Caatinga já estariam adaptados às condições adversas dessa região de acordo com Souza et al. (2016) que também afirmam que as altas temperaturas desse bioma podem selecionar espécies mais adaptadas a essas condições específicas.

Segundo Benítez (2004), cerca de 90% dos fungos utilizados como agentes de biocontrole são do gênero *Trichoderma* sendo *T. harzianum*, *T. virens*, *T. viride* e *T. asperellum* as espécies mais estudadas para esse fim (HERMOSA et al., 2000). Outras espécies como *T. koningii*, *T. hamatum*, e *T. pseudokoningii* também se destacam no controle de doenças de plantas (REZENDE et al., 2011). *Trichoderma stromaticum* é usado rotineiramente no controle do fungo *Moniliophthora perniciosa*, agente da Vassoura de Bruxa do cacauzeiro (BASTOS, 1996; Souza et al., 2020). Outras espécies de *Trichoderma* são usadas para controlar os seguintes patógenos: *Fusarium solani* em maracujazeiro (SILVA et al., 2014); *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* em feijoeiro (CARVALHO et al., 2011); *Rhizoctonia solani* em pepino (LUCON et al., 2009); *Sclerotium rolfsii* em soja (LOHMANN et al., 2007); *Pythium aphanidermatum* em alface (PATEKOSKI; PIRES-ZOTTARELLI, 2011); *Mycosphaerella fijiensis* em bananeira (CAVERO et al., 2015); e *Sclerotinia sclerotiorum* em soja e girassol (GUARESCHI et al., 2012), dentre outros.

Trichoderma é reconhecido na promoção do crescimento vegetal. Segundo Melo (1996) e Harman et al. (2004) novas evidências tem mostrado que *Trichoderma* pode promover a germinação de sementes, o crescimento de plantas e a produção de flores, propriedades estas ligadas à produção de hormônios ou fatores de crescimento, bem como, à disponibilização de nutrientes para a planta (LUCON, 2009). Oliveira (2007) verificou que a aplicação de *Trichoderma* spp. favoreceu o crescimento de plantas de cártamo quando adicionadas ao solo. Chagas et al. (2017) concluíram que o uso de isolados de *Trichoderma* proporcionou o incremento de biomassa nas culturas da soja, feijão caupi, arroz e milho. De modo semelhante, Stefanello e Bonett (2013) demonstraram que sementes de milho inoculadas com *Trichoderma* deram origem a plantas com maior acúmulo de matéria verde e matéria

seca e com melhor crescimento radicular. Fortes et al. (2007) observaram melhor enraizamento de microestacas eucalipto Inoculadas com *Trichoderma*.

Gênero *Chaetomium*

Foram observados 10 isolados do gênero *Chaetomium* com características morfológicas e culturais diversas. Silva et al. (2006) obtiveram isolados endofíticos de *Chaetomium* em pinha e graviola capazes de promover o crescimento da parte aérea dessas plantas.

Mais de 200 compostos já foram relatados neste gênero, com potencial para a produção de substâncias de atividade biológica significativas, como antitumorais, antimalárico, citotóxico, inibidor de enzima, antibiótico, fitotóxico e outros (ZHANG et al., 2012).

Chaetomium sp. controlou satisfatoriamente o colapso do mamoeiro causado por *Monosporascus cannonballus* (JUNIOR et al., 2007). O extrato de n-butanol de *Chaetomium cupreum* mostrou eficiência no controle de *Cladosporium cladosporioides*, *Fusarium oxysporum*, *Phomopsis azadirachtae* e *Rhizoctonia solani* (TIRUMALE; WANI, 2018). *Chaetomium globosum* foi utilizado no controle da Requeima da Batatinha provocada por *Phytophthora infestans* resultando em maior rendimento de tubérculos e redução da infecção.

Gênero *Aspergillus*

Neste estudo, quatro isolados de *Aspergillus* foram obtidos com colônias de características morfológicas diversas. Foram observadas colônias com massa de esporos de coloração alaranjada, esverdeada e negra.

O gênero *Aspergillus* já foi constatado como endófito em bromeliáceas em estudos anteriores. Maciel (2017) detectou este fungo como endófito de *Aechmea nudicaulis* e *Bromelia antiacantha* vegetando no ecossistema Restinga.

Aspergillus spp. são sapróbias, endófitas ou patogênicas a vegetais e animais, sendo seu endofitismo explicado por Borges et al. (2009) pela suposição de que alguns fungos podem exercer patogenicidade em uma espécie vegetal e viver como endófitos mutualistas em outros hospedeiros.

O gênero *Aspergillus* ocorre endofiticamente em outras plantas. Hamayun et al. (2018) isolaram a espécie *Aspergillus japonicus* como endófito de *Euphorbia indica* L. e demonstraram sua ação promotora de crescimento em mudas de soja e girassol em condições de estresse e de calor.

Algumas espécies de *Aspergillus*, além de sintetizar inúmeras enzimas extracelulares e ácidos orgânicos de interesse, são capazes também de produzir metabólitos secundários de importância biotecnológica (BENNET, 2010). Dentre essas espécies são dignas de nota: *A. niger* de *Garcinia griffithii* (ELFITA et al., 2012); *A. terreus*, de *Achyranthus aspera* (GOUTAM et al., 2016); e *A. fumigatus* de *Melia azedarach* (LI et al., 2012).

Gênero *Fusarium*

Espécies deste gênero têm ampla distribuição geográfica (VENTURA; COSTA, 2006) e são citados como patógenos de importância econômica para muitas culturas, inclusive bromeliáceas, como é o caso do abacaxizeiro. Quatro isolados endófitos do gênero *Fusarium* foram encontrados em *A. multiflora*. Algumas linhagens de *Fusarium* já foram relatadas como endofíticas em diversas culturas, como *Kalanchoe pinnata* (SOUZA et al., 2018); *Cereus jamacaru* (BEZERRA, 2013); e *Cocos nucifera* (OLIVEIRA, 2014).

Waweru e colaboradores (2014) verificaram que a colonização endofítica de *Fusarium oxysporum* em bananeira (*Musa sp.*, Cv. Giant Cavendish e cv. Grand Nain) contribuiu para redução da população e danos de nematoides, além de proporcionar o aumento da produção de banana. O estudo evidenciou que os endófitos têm potencial para aumentar a produção de bananeiras cultivadas em tecidos e protegê-las contra pragas.

Uma linhagem endófito (FsK) de *Fusarium solani* aliviou o efeito do estresse hídrico no desenvolvimento e crescimento de mudas de tomate co-cultivadas com FsK em condições in vitro. Resultados semelhantes foram obtidos por Kavroulakis et al. (2018) com plantas cultivadas em turfa sob condições de irrigação por déficit hídrico

Gênero *Lasiodiplodia*

Neste trabalho, foram obtidos dois isolados de *Lasiodiplodia* sendo este o primeiro relato desse fungo como endófito em bromeliáceas, porém, isolados de *Lasiodiplodia* já foram obtidos como endofíticos em outras espécies vegetais. No estado do Ceará, a espécie *L. theobromae* foi isolada como endófito em folhas e folíolos de inúmeras plantas (FREIRE; BEZERRA, 2001). Mais recentemente, seu endofitismo, tem sido relatado em *Theobroma cacao* (MAKI, 2006), cajueiro (CARDOSO et al., 2009) e *Heliconia* spp. (CERQUEIRA et al., 2013) dentre outros.

Lasiodiplodia é frequentemente reportado na literatura como um fungo patogênico a diversas culturas (FREIRE et al., 2004). Cardoso (2009) supõe que essa espécie possa viver endofiticamente no hospedeiro, de forma assintomática, sendo o processo de infecção induzido por estresses ambientais que causam o enfraquecimento do hospedeiro.

Os gêneros *Cladosporium*, *Curvularia*, *Pestalotiopsis*, *Polyschema*, *Rhizopus* e *Thielaviopsis* foram identificados com menor frequência em *A. multiflora*. Com exceção do gênero *Cladosporium*, foram obtidos apenas um isolado de cada gênero citado. (Figura 3). Algumas espécies de *Cladosporium*, *Curvularia*, e *Pestalotiopsis* já foram descritas como endofíticas em levantamentos de fungos de bromeliáceas na Bahia (PALHA et al., 2018). *Curvularia* e *Pestalotiopsis* também foram isolados de amostras de folhas de plantas sadias de bromélias (*Aechmea nudicaulis* L e *Bromelia antiacantha* provenientes de ecossistema restinga no Rio de Janeiro (BEZERRA, 2017). *Cladosporium* é um gênero fúngico que coloniza a superfície foliar e interior de folhas jovens e maduras (SADAKA; PONGE, 2003). Algumas linhagens de *Cladosporium* podem ser patógenas de uma ampla gama de hospedeiros, inclusive plantas ornamentais (COSTA, 2007). Também podem ser encontradas como endofíticas em: *Cereus jamacaru* (BEZERRA et al., 2013); *Ficus* L. (WANG et al., 2008), *Hevea brasiliensis* Müll.Arg. (GAZIS; CHAVERRI, 2010), dentre outras espécies vegetais.

Espécies dos gêneros *Curvularia*, *Rhizopus* e *Thielaviopsis* estão comumente relacionadas a diversas doenças de plantas cultivadas, podendo também ocorrer como endofíticas em algumas espécies vegetais. Priyadharsini e Muthukumar (2017) isolaram *Curvularia geniculata* como endófito de raízes de *Parthenium hysterophorus*

e a inocularam em sementes de ervilha de pombo (*Cajanus cajan*) onde o fungo influenciou positivamente os parâmetros de crescimento através da solubilização de fosfatos e produção de fitohormônios demonstrando o potencial desse fungo como bioinoculante em sistemas de produção vegetal.

CONCLUSÕES

Foi possível a identificação de 65 isolados em associação com *Aechmea multiflora* L.B SM., distribuídos em 12 gêneros fúngicos: *Penicillium*, *Trichoderma*, *Chaetomium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Pestalotiopsis*, *Polyschema*, *Rhizopus*, *Thielaviopsis*. A micota endofítica de *A. multiflora* é constituída predominantemente de espécies do filo Ascomycota.

Penicillium, *Trichoderma* e *Chaetomium* destacaram-se como isolados endofíticos mais frequentes em *A. multiflora*, sugerindo que eles podem ter maior importância ecológica para essa espécie.

Chaetomium, *Polyschema*, *Rhizophus*, *Thielaviopsis* e *Lasiodiplodia* são citadas pela primeira vez como endofíticos em bromeliáceas.

Os isolados identificados podem compreender uma nova fonte de agentes potenciais de biocontrole e biofertilizantes para uso no cultivo desta bromélia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, João Lúcio et al. Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 3, n. 1, p. 15-16, 2000.

AZEVEDO, João Lúcio. Microrganismos endofíticos. **Ecologia microbiana**, p. 117-137, 1998.

BANERJEE, Debdulal. Endophytic fungal diversity in tropical and subtropical plants. **Res J Microbiol**, v. 6, n. 1, p. 54-62, 2011.

BASTOS, C. N. Potencial de *Trichoderma viride* no controle da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciososa*) do cacauzeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 21, p. 509-512, 1996.

BENNETT, Joan W. An overview of the genus *Aspergillus*. **Aspergillus: molecular biology and genomics**, p. 1-17, 2010.

BENÍTEZ, Tahía et al. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. **International microbiology**, v. 7, n. 4, p. 249-260, 2004.

BEZERRA, Jadson Diogo Pereira. Fungos endofíticos em cactos de áreas de caatinga preservada e com atividade de agricultura familiar: diversidade e estudo filogenético. 2016.

BEZERRA, Gustavo de Andrade et al. Identificação e seleção de espécies de *Trichoderma* spp. endofíticos de bromélias de restingas como agentes de biocontrole da fusariose em frutos de abacaxi. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 2, p. 172-178, 2019.

BEZERRA, Jadson DP et al. Fungal endophytes from cactus *Cereus jamacaru* in Brazilian tropical dry forest: a first study. **Symbiosis**, v. 60, n. 2, p. 53-63, 2013.

BEZERRA, Jadson Diogo Pereira. **Diversidade de fungos endofíticos de mandacaru (*Cereus jamacaru* DC., Cactaceae) em áreas sucessionais de Caatinga**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

BEZERRA, Thana Esashika et al. Potencial biotecnológico dos fungos endofíticos do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) no controle biológico da antracnose. 2015.

BUSSABAN, Boonsom et al. Endophytic fungi from *Amomum siamense*. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 47, n. 10, p. 943-948, 2001.

CAPIZZI, R. L.; BERTINO, J. R.; HANDSCHUMACHER, R. E. L-asparaginase. **Annual review of medicine**, v. 21, n. 1, p. 433-444, 1970.

CARDOSO, José Emilson et al. Ocorrência endofítica de *Lasiodiplodia theobromae* em tecidos de cajueiro e sua transmissão por propágulos. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 4, p. 262-266, 2009.

CARMICHAEL, J. W. et al. **Genera of Hyphomycetes**. Univ. Alberta Press., 1980.

CARVALHO, Daniel DC et al. Controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. phaseoli in vitro e em sementes, e promoção do crescimento inicial do feijoeiro comum por *Trichoderma harzianum*. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 1, p. 28-34, 2011.

CASTRO, Neilza Reis et al. Ocorrência, métodos de inoculação e agressividade de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense em *Heliconia* spp. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 2, p. 127-130, 2008.

CAVERO, Poholl Adan Sagratzki et al. Biological control of banana black *Sigatoka* disease with *Trichoderma*. **Ciência Rural**, v. 45, n. 6, p. 951-957, 2015.

CERQUEIRA, Kaliúsia S. et al. Fungos endófitos em plantas ornamentais tropicais na Bahia. **Agrotropica** (Brasil), v. 25, n. 3, p. 223-232, 2013.

CHAGAS, Lillian França Borges et al. *Trichoderma* na promoção do crescimento vegetal. **JOURNAL OF NEOTROPICAL AGRICULTURE**, v. 4, n. 3, p. 97-102, 2017.

CHOW, YiingYng; TING, Adeline SY. Endophytic L-asparaginase-producing fungi from plants associated with anticancer properties. **Journal of advanced research**, v. 6, n. 6, p. 869-876, 2015.

COSTA, Caroline Rabelo. Fungos associados às plantas ornamentais tropicais no Distrito Federal. 2007.

DINIZ, G. de F. D. **Seleção e caracterização de agentes para o biocontrole de *Fusarium verticillioides* na cultura do milho**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São João del-Reis.

DONATI, Irene. Enzimi, acidi organici ed altri metaboliti coinvolti nella patogenesi di *penicillium* spp. 2008.

ELFITA, Elfita et al. Secondary metabolite from endophytic fungi *Aspergillus niger* of the stem bark of kandis gajah (*Garcinia griffithii*). **Indonesian Journal of Chemistry**, v. 12, n. 2, p. 195-200, 2012.

FATIMA, Nighat et al. *Chaetomium* endophytes: a repository of pharmacologically active metabolites. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 38, n. 6, p. 136, 2016.

FORTES, Fabiano de Oliveira et al. Promoção de enraizamento de microestacas de um clone de *Eucalyptus* sp. por *Trichoderma* spp. **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 221-228, 2007.

FREIRE, Francisco CO et al. Foliar endophytic fungi of Ceará State (Brazil): a preliminary study. **Summa Phytopathologica**, v. 27, n. 3, p. 304-308, 2001.

GAO, Fu-kang; DAI, Chuan-chao; LIU, Xiao-zhen. Mechanisms of fungal endophytes in plant protection against pathogens. **African Journal of Microbiology Research**, v. 4, n. 13, p. 1346-1351, 2010.

GAZIS, Romina; CHAVERRI, Priscila. Diversity of fungal endophytes in leaves and stems of wild rubber trees (*Hevea brasiliensis*) in Peru. **fungal ecology**, v. 3, n. 3, p. 240-254, 2010.

GIULIETTI, Ana Maria et al. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**, 2003.

GONÇALVES, Francisco José Teixeira et al. Patogenicidade de espécies de Botryosphaeriaceae endofíticas de plantas da Caatinga do estado do Ceará em manga e umbu-cajá. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 1, p. 43-52, 2015.

GOUTAM, J. et al. In vitro potential of endophytic fungus *Aspergillus terreus* (JAS-2) associated with *Achyranthus aspera* and study on its culture conditions. **Biol Med (Aligarh)**, v. 8, n. 349, p. 2, 2016.

HARDOIM, Pablo R. et al. The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 79, n. 3, p. 293-320, 2015.

HARMAN, Gary E. et al. Trichoderma species—opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature reviews microbiology**, v. 2, n. 1, p. 43-56, 2004.

HERMOSA, M. R. et al. Molecular characterization and identification of biocontrol isolates of *Trichoderma* spp. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 66, n. 5, p. 1890-1898, 2000.

HAMAYUN, Muhammad et al. Endophytic fungus *Aspergillus japonicus* mediates host plant growth under normal and heat stress conditions. **BioMed research international**, v. 2018, 2018.

JIA, Min et al. A friendly relationship between endophytic fungi and medicinal plants: a systematic review. **Frontiers in microbiology**, v. 7, p. 906, 2016.

JOUDA, Jean Bosco et al. Anti-mycobacterial activity of polyketides from *Penicillium* sp. endophyte isolated from *Garcinia nobilis* against *Mycobacterium* megmatidis. **International journal of mycobacteriology**, v. 5, n. 2, p. 192-196, 2016.

JÚNIOR, Rui S. et al. Controle biológico de *Monosporascus cannonballus* com *Chaetomium*. **Fitopatol. Bras**, v. 32, n. 1, p. 70, 2007.

KAUL, Sanjana et al. Endophytic fungi from medicinal plants: a treasure hunt for bioactive metabolites. **Phytochemistry reviews**, v. 11, n. 4, p. 487-505, 2012.

KAVROULAKIS, Nektarios et al. Tolerance of tomato plants to water stress is improved by the root endophyte *Fusarium solani* FsK. **Rhizosphere**, v. 6, p. 77-85, 2018.

KHAN, Abdul Latif et al. Endophytic fungi: resource for gibberellins and crop abiotic stress resistance. **Critical reviews in biotechnology**, v. 35, n. 1, p. 62-74, 2015.

KOGEL, Karl-Heinz; FRANKEN, Philipp; HÜCKELHOVEN, Ralph. Endophyte or parasite—what decides?. **Current opinion in plant biology**, v. 9, n. 4, p. 358-363, 2006.

LI, Xiao-Jun et al. Metabolites from *Aspergillus fumigatus*, an endophytic fungus associated with *Melia azedarach*, and their antifungal, antifeedant, and toxic activities. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 60, n. 13, p. 3424-3431, 2012.

LOHMANN, Tiago Rodrigo et al. Seleção de isolados de *Trichoderma* spp. para controle de *Sclerotium rolfsii* em soja. **Cadernos de Agroecologia**, v. 2, n. 2, 2007.

LUCON, Cleusa Maria Mantovanello et al. Bioprospecção de isolados de *Trichoderma* spp. para o controle de *Rhizoctonia solani* na produção de mudas de pepino. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 44, n. 3, p. 225-232, 2009.

MACIEL, Jefferson Rodrigues; LOUZADA, Rafael; ALVES, Marccus. Aechmea Ruiz & Pavón from the northern portion of the Atlantic Forest. **Rodriguésia**, v. 66, n. 2, p. 477-492, 2015.

MAKI, Cristina Sayuri. **Diversidade e potencial biotecnológico de fungos endofíticos de cacau (*Theobroma cacao* L.)**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MELO, I.S. *Trichoderma* e *Gliocladium* como bioprotetores de plantas. **Revista Anual de Patologia de Plantas**, v. 4, n. 1, p. 261-295, 1996.

MOMESSO, Luciano da S. et al. Chaetoglobosinas produzidas por *Chaetomium globosum*, fungo Endofítico associado a *Viguiera robusta* gardn.(Asteraceae). **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1680-1685, 2008.

OLIVEIRA, GG de. ***Trichoderma* spp. no crescimento vegetal e no biocontrole de *Sclerotinia sclerotiorum* e de patógenos em sementes de cártamo (*Carthamus tinctorius*)**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

OLIVIERA, M. Z. A. de et al. Fungo *Lasiodiplodia theobromae*: um problema para a agricultura baiana. **Revista Bahia Agrícola**, v. 9, n. 2, p. 24-29, 2013.

PALHA, Patrícia Martins Galvão et al. Parâmetros ecológicos de fungos em Bromeliaceae em ecossistemas naturais e cultivadas na Bahia. **Rodriguésia**, v. 69, n. 4, 2018.

PALLU, A. P. de S. **Potencial biotecnológico de fungos de gênero *Penicillium* e interação com cana-de-açúcar**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PATEKOSKI, K. da S.; PIRES-ZOTTARELLI, C. L. A. Patogenicidade de *Pythium aphanidermatum* a alface cultivada em hidroponia e seu biocontrole com *Trichoderma*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 805-810, 2011.

PAULA, C. C.; SILVA, H.M.P. **Cultivo prático de bromélias**, Viçosa-MG: UFV, 2000, p.116. 70p.

PEREIRA, J. O.; AZEVEDO, J. L.; PETRINI, O.. Endophytic fungi of *Stylosanthes*: a first report. **Mycologia**, v. 85, n. 3, p. 362-364, 1993.

PETRINI, Orlando. Fungal endophytes of tree leaves. In: **Microbial ecology of leaves**. Springer, New York, NY, 1991. p. 179-197.

PORRAS-ALFARO, Andrea; BAYMAN, Paul. Hidden fungi, emergent properties: endophytes and microbiomes. **Annual review of phytopathology**, v. 49, p. 291-315, 2011.

PRADO, Darién E. As caatingas da América do Sul. **Ecologia e conservação da Caatinga**, v. 2, p. 3-74, 2003.

PRIYADHARSINI, Perumalsamy; MUTHUKUMAR, Thangavelu. The root endophytic fungus *Curvularia geniculata* from *Parthenium hysterophorus* roots improves plant growth through phosphate solubilization and phytohormone production. **Fungal Ecology**, v. 27, p. 69-77, 2017

RAKOTONIRIANA, E. F. et al. Endophytic fungi from leaves of *Centella asiatica*: occurrence and potential interactions within leaves. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 93, n. 1-2, p. 27-36, 2008.

REZENDE, Anakely Alves et al. **Eficiência de diferentes produtos comerciais à base de *Trichoderma* spp. no controle da podridão branca da haste da soja**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia.

RODRIGUES, R. L. **Fungos endofíticos associados à *Vellozia compacta* presente em afloramentos rochosos nos estados de Minas Gerais e TO**. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto.

SADAKA, Nassima; PONGE, Jean-François. Fungal colonization of phyllosphere and litter of *Quercus rotundifolia* Lam. in a holm oak forest (High Atlas, Morocco). **Biology and fertility of soils**, v. 39, n. 1, p. 30-36, 2003.

SANTOS, C. D. dos et al. Diversidade de fungos em espécies nativas e cultivadas de orquídeas no Sul da Bahia. **Agrotropica**, v. 30, n. 2, p. 101 – 108, 2018

SANTOS, Caroline Menicoze dos et al. Enzymatic and antagonist activity of endophytic fungi from *Sapindus saponaria* L.(Sapindaceae). **Acta Biológica Colombiana**, v. 24, n. 2, p. 322-330, 2019.

SANTOS, Regina M. Geris dos et al. Endophytic fungi from *Melia azedarach*. **World journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 19, n. 8, p. 767-770, 2003.

SANTOS, Silvana Gomes dos. **Potencial de endofíticos negros (Dark Septate Endophytes) em colonizar e reduzir efeitos de estresse hídrico em plantas de arroz**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SANTOS, Taidés Tavares dos; VARAVALLLO, Maurilio Antonio. Aplicação de microrganismos endofíticos na agricultura e na produção de substâncias de interesse econômico. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 32, n. 2, p. 199-212, 2011.

SBRAVATTI JÚNIOR, José Antonio et al. Seleção in vitro de fungos endofíticos para o controle biológico de *Botrytis cinerea* em *Eucalyptus benthamii*. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2013.

SEI - Superintendência de estudos econômicos e sociais do Estado da Bahia. Balanço hídrico do Estado da Bahia. Salvador: SEI (Série estudos e pesquisas, v. 45), 1999, 249 p.

SHANTHIYAA, V. et al. Use of *Chaetomium globosum* for biocontrol of potato late blight disease. **Crop Protection**, v. 52, p. 33-38, 2013.

SHRIVASTAVA, Abhinav et al. Kinetic studies of L-asparaginase from *Penicillium digitatum*. **Preparative Biochemistry and Biotechnology**, v. 42, n. 6, p. 574-581, 2012.

SILVA, Roberta Lane de Oliveira et al. Fungos endofíticos em *Annona* spp.: isolamento, caracterização enzimática e promoção do crescimento em mudas de pinha (*Annona squamosa* L.). **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 3, p. 649-655, 2006.

SILVA, Aline Novais da et al. Efeito de produtos químicos e de *Trichoderma* spp. no controle de *Fusarium solani* do maracujazeiro. **Interciencia**, v. 39, n. 6, p. 398, 2014.

SILVA, JMC da et al. Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. **Ministério do Meio Ambiente**, Brasília, 2004.

SILVA, Leticia F. et al. *Penicillium* and *Talaromyces* endophytes from *Tillandsia catimbauensis*, a bromeliad endemic in the Brazilian tropical dry forest, and their potential for L-asparaginase production. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 34, n. 11, p. 1-12, 2018.

SILVA, Roberta Lane de Oliveira et al. Fungos endofíticos em *Annona* spp.: isolamento, caracterização enzimática e promoção do crescimento em mudas de pinha (*Annona squamosa* L.). **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 3, p. 649-655, 2006.

SOUZA, Jorge Teodoro de et al. Uso do *Trichoderma* na cultura do cacau. **Trichoderma**, p. 445.

SOUZA, Gardene Maria de et al. Inflorescence architecture in Brazilian species of *Aechmea* subgenus *Chevaliera* (Bromeliaceae–Bromelioideae). **Botanical journal of the Linnean Society**, v. 158, n. 4, p. 584-592, 2008.

SOUZA, Antonia Queiroz Lima de et al. Atividade antimicrobiana de fungos endofíticos isolados de plantas tóxicas da amazônia: *Palicourea longiflora* (aubl.) rich e *Strychnos cogens* bentham. **Acta amazônica**, v. 34, n. 2, p. 185-195, 2004.

SOUZA, Beatriz dos Santos et al. Fungos endofíticos associados à planta medicinal Corama (*Kalanchoe pinnata* [LAM.] PERS.). **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins**, v. 5, n. 3, p. 30-45, 2018.

SOUZA, Jorge T. de; TROCOLI, Rafael O.; MONTEIRO, Fernando P. Plants from the Caatinga biome harbor endophytic *Trichoderma* species active in the biocontrol of pineapple fusariosis. **Biological control**, v. 94, p. 25-32, 2016.

STEFANELLO, L.; BONETT, L.P. Avaliação do desenvolvimento de milho com *Trichoderma* spp. **Cultivando o Saber**, v.6, n.1, p.121-127, 2013.

STROBEL, Gary. The emergence of endophytic microbes and their biological promise. **Journal of Fungi**, v. 4, n. 2, p. 57, 2018.

SUN, Xiang; GUO, Liang-Dong. Endophytic fungal diversity: review of traditional and molecular techniques. **Mycology**, v. 3, n. 1, p. 65-76, 2012.

TAN, Ren Xiang; ZOU, Wen Xin. Endophytes: a rich source of functional metabolites. **Natural product reports**, v. 18, n. 4, p. 448-459, 2001.

TIRUMALE, S.; WANI, N. Biological control of phytopathogenic fungi using different extracts of *Chaetomium cupreum*. **Biological control**, v. 11, n. 9, 2018.

VEGA, Fernando E. et al. Penicillium species endophytic in coffee plants and ochratoxin A production. **Mycologia**, v. 98, n. 1, p. 31-42, 2006.

VON HALMSCHLAGER, E.; BUTIN, H.; DONAUBAUER, E. Endophytische pilze in blättern und zweigen von *Quercus petraea*. **European Journal of Forest Pathology**, v. 23, n. 1, p. 51-63, 1993.

WANG, Hong-kai et al. Fungal diversity on fallen leaves of *Ficus* in northern Thailand. **Journal of Zhejiang University Science B**, v. 9, n. 10, p. 835-841, 2008.

WANG, Yu; DAI, Chuan-Chao. Endophytes: a potential resource for biosynthesis, biotransformation, and biodegradation. **Annals of Microbiology**, v. 61, n. 2, p. 207-215, 2011.

WAWERU, Bancy et al. Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* endophytes provide field control of nematodes, improving yield of banana (*Musa* sp.). **Biological control**, v. 74, p. 82-88, 2014.

YATES, I. E.; BACON, C. W.; HINTON, D. M. Effects of endophytic infection by *Fusarium moniliforme* on corn growth and cellular morphology. **Plant disease**, v. 81, n. 7, p. 723-728, 1997.

YUAN, Zhihui et al. Endophytes from *Ginkgo biloba* and their secondary metabolites. **Chinese medicine**, v. 14, n. 1, p. 1-40, 2019.

ZHANG, Q. et al. Chemical and bioactive diversities of the genus *Chaetomium* secondary metabolites. **Mini reviews in medicinal chemistry**, v. 12, n. 2, p. 127-148, 2012.

ARTIGO 2**POTENCIAL DE FUNGOS ENDOFÍTICOS DE *Aechmea multiflora* COMO
PROMOTORES DE CRESCIMENTO DA PLANTA HOSPEDEIRA¹**

¹Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico ciências agrárias

Potencial de fungos endofíticos de *Aechmea multiflora* como promotores de crescimento da planta hospedeira

Resumo: Alguns endófitos, são capazes de melhorar a produção de biomassa, aumentar a absorção de nutrientes e promover o crescimento da planta hospedeira diretamente, através da síntese de um grupo de compostos denominados fitohormônios. O uso desses microrganismos na forma de biofertilizantes pode substituir de forma sustentável o uso de insumos químicos. Neste trabalho objetivou-se avaliar o comportamento dos fungos endofíticos isolados de *A. multiflora* quanto a sua capacidade de promover crescimento de mudas do hospedeiro provenientes de sementes. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, sob delineamento experimental inteiramente casualizados (DIC), com 11 tratamentos mais controle e 12 repetições, totalizando 144 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram em: T1: *Aspergillus 1*; T2: *Aspergillus 3*; T3: *Chaetomium 1*; T4: *Chaetomium 2*; T5: *Lasiodiplodia*; T6: *Mycelia sterilia*; T7: *Polyschema*; T8: *Trichoderma 12*; T9: *Trichoderma 2*; T10: *Trichoderma 4*; T11: *Trichoderma 5*; T12: Controle (água destilada). Ao final do experimento foram avaliados 15 parâmetros agrônômicos de crescimento que foram estatisticamente analisados e as médias dos tratamentos agrupadas pelo teste de Scott-Knott (5%). Os fungos endofíticos isolados de *A. multiflora* interferiram no comprimento da planta, do caule, diâmetro do caule, massa fresca da folha, do caule, da raiz, total, massa seca do caule e da raiz em relação ao controle. Mas não influenciaram o rendimento de variáveis como número de folhas, largura basal e mediana da folha D, comprimento da raiz, massa seca da folha e massa seca total. As cepas "*Aspergillus 1*", "*Aspergillus 3*", "*Mycelia sterilia*", "*Chaetomium 1*" e "*Chaetomium 2*" contribuíram positivamente para quase todos os parâmetros analisados que foram estatisticamente significativos.

Palavras-chave: Bromeliaceae; Fungos endofíticos; Promoção de Crescimento

Potential of endophytic fungi from *Aechmea multiflora* to promote growth of the host plant

Abstract: Some endophytes are able to improve biomass production, increase nutrient absorption and promote host plant growth directly through the synthesis of a group of compounds called phytohormones. The use of these microorganisms in the form of biofertilizers can sustainably substitute the use of chemical inputs. This study aimed to evaluate the performance of endophytic fungi isolated from *A. multiflora* as to their ability to promote growth of host seedlings from seeds. The experiment was conducted in a greenhouse, under a completely randomized experimental design (CRD), with 11 treatments plus control and 12 repetitions, totaling 144 experimental units. The treatments consisted of: T1: *Aspergillus 1*; T2: *Aspergillus 3*; T3: *Chaetomium 1*; T4: *Chaetomium 2*; T5: *Lasiodiplodia*; T6: *Mycelia sterilia*; T7: *Polyschema*; T8: *Trichoderma 12*; T9: *Trichoderma 2*; T10: *Trichoderma 4*; T11: *Trichoderma 5*; T12: Control (distilled water). At the end of the experiment, 15 agronomic growth parameters were statistically analyzed, and the treatment means were grouped by the Scott-Knott test (5%). The endophytic fungi isolated from *A. multiflora* interfered in the plant length, stem diameter, stem diameter, fresh leaf mass, stem mass, root mass, total, stem dry mass and root dry mass in relation to control. But they did not influence variables such as number of leaves, basal and median leaf width D, root length, leaf dry mass and total dry mass. The isolates "*Aspergillus 1*", "*Aspergillus 3*", "*Mycelia sterilia*", "*Chaetomium 1*" and "*Chaetomium 2*" contributed positively to almost all the parameters analyzed that were statistically significant.

Keywords: Bromeliaceae; Endophytic fungi; Growth promoters

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o uso de abordagens biológicas para melhoria da produção agrícola, tem ganho atenção especial entre ambientalistas e agrônomos, devido a maior conscientização sobre a conservação ambiental (AHEMAD; KIBRET, 2014). O uso de microrganismos para incremento da produtividade de espécies vegetais pode ser uma possibilidade sustentável, de baixo custo (GRAÇAS et al., 2015), minimizando a utilização de insumos químicos e amenizando a poluição do solo e água, sendo uma importante ferramenta na remediação ambiental (KHAN et al., 2015).

Plantas de quase todos os táxons vegetais estudados até o momento abrigam microrganismos benéficos em seus tecidos internos, que desenvolvem uma variedade de interações planta-microrganismo (RAI et al., 2014). Estes microrganismos têm se revelado um bio-recurso significativo para a descoberta de novos medicamentos pela indústria farmacêutica. Eles são fontes de fitohormônios, potentes promotores de crescimento vegetal e atuam como agentes de controle biológico de doenças e pragas agrícolas (WANI; ASHRAF; MOHIUDDIN, 2015).

Os endófitos microbianos colonizam os tecidos internos e saudáveis da planta hospedeira sem causarem danos sintomáticos, competindo por espaço nos mesmos nichos ecológicos de patógenos microbianos (HASSAN, 2017). As interações endófito-hospedeiro, de acordo com as condições ambientais, podem ir do mutualismo ao antagonismo a depender da natureza da biocomunicação entre a planta hospedeira, o microrganismo e as condições ambientais (SCHULZ; BOYLE, 2005).

Estudos visando esclarecer o papel das comunidades endofíticas microbianas no aumento de sanidade das plantas e como agentes promotores de crescimento, vem sendo desenvolvidos (VURUKONDA; GIOVANARDI; STEFANI, 2018). Esses estudos têm demonstrado que os endófitos, são capazes de melhorar a produção de biomassa, a formação de hifas extra-radulares para absorção de nutrientes, estimular o crescimento radicular, alterar o metabolismo das plantas para promover a absorção de nutrientes, promover o crescimento da planta hospedeira de forma direta, através da síntese de fitohormônios, como o ácido indol-3-acético (IAA) (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2009; JOHNSTON-MONJE et al., 2019; HASSAN, 2017; SIRRENBORG et al., 2007), giberelinas (GAs) (KHAN et al., 2011; YOU et

al., 2013), citocininas (ARKHIPOVA et al., 2007), melhorando a solubilização do fosfato (SPAGNOLETTI et al., (2017), do potássio, do zinco (COLLA et al., 2014) e maior eficiência na fixação de nitrogênio (YANG et al., 2015).

Alguns endofíticos possuem a capacidade, de aumentar a resistência do hospedeiro a estresses abióticos e bióticos como pragas e doenças podendo, indiretamente, contribuir para o crescimento e desenvolvimento da planta hospedeira (WAWERU et al., 2014; SUDHA et al., 2016). Nas últimas décadas, estudos relatam a produção de vários compostos bioativos, de propriedades antimicrobianas, inseticidas, citotóxicas (KHAN et al., 2015), como alcalóides, peptídeos, esteróides, terpenóides, isocoumarinas, quinonas, fenilpropanóides e lignanas, fenóis, ácidos fenólicos, compostos alifáticos, lactonas e outros (RAI et al., 2014).

Para que haja interação benéfica do microrganismo com a planta é necessária uma colonização eficiente dos endófitos na planta hospedeira, compreendendo uma série de fenômenos como a fixação, entrada, motilidade, transmissão e multiplicação de populações endofíticas na planta hospedeira (KUMAR et al., 2020). O processo de entrada do microrganismo no tecido hospedeiro compreende a secreção de diferentes compostos de sinalização pelos endófitos, ao passo que a percepção do microrganismo na superfície celular da planta desencadeia respostas de defesa para retardar ou bloquear o crescimento microbiano (ARAUJO et al, 2020).

O crescimento vegetal da planta hospedeira pode ser observado através da avaliação de algumas características como altura (LALLY et al., 2017), germinação de sementes (AHMAD et al., 2020), desenvolvimento das raízes e quantidade de folhas (WONGLOM; ITO; SUNPAPAO, 2020), biomassa fresca e seca da parte aérea (WAQAS et al., 2012), biomassa seca e fresca das raízes (ZHOU; TANG; GUO, 2018).

Fungos endofíticos de plantas ornamentais, como bromeliáceas, ainda são relativamente pouco investigados. Estudos envolvendo os microrganismos associados a *Aechmea multiflora* L.B SM e os benefícios desses para a produção de mudas são inexistentes. Dessa forma, objetivou-se, no presente trabalho, avaliar o comportamento dos fungos endofíticos isolados de *A. multiflora* quanto a sua capacidade de promover crescimento de mudas da planta hospedeira.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de janeiro a dezembro de 2020, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB), campus de Cruz das Almas-BA. O município de Cruz das Almas encontra-se a 12°40'0" de Latitude Sul e 39°06'0" de Longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 200m acima do nível do mar, clima Aw a Am, tropical quente e úmido, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 24,5°C com precipitação média anual em torno de 1224 mm, com maior incidência de chuvas no período de março a junho.

Viveiro de mudas

O experimento foi realizado em casa de vegetação de revestimento de sombrite (cor preta) que permite a passagem de 50% da luz solar e estrutura de sustentação composta por hastes de aço.

Material propagativo

As sementes utilizadas foram provenientes de frutos sadios e maduros de *Aechmea multiflora* coletadas no município de Milagres-BA. As sementes extraídas do fruto foram lavadas em água corrente, sobre uma peneira de malha fina, para facilitar o processo de separação das sementes e remoção da polpa e resíduos. Após lavagem, as mesmas foram postas sobre papel absorvente para secar em local arejado e sombreado. Para obtenção das mudas, as sementes foram desinfestadas em solução de hipoclorito 1% e semeadas em tubetes em 07/01/2020, em substrato comercial para bromélias Vitaplan®, e mantidas em casa de vegetação.

Após 37 dias (13/02/2020), quando as plântulas apresentavam as três primeiras folhas definitivas, foram transferidas para frascos de acrílico de aproximadamente 400mL de capacidade, contendo 180 mL de uma formulação de Vitaplan, Casca de Pinus e Húmus de Minhoca, na proporção de 2:1:1. Os frascos foram mantidos em

Sala de Crescimento, dispostos em prateleiras, com fotoperíodo controlado de 12h, em temperatura ambiente ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$).

Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados com doze tratamentos e doze repetições, consistindo de uma planta, a unidade experimental, totalizando 144 unidades experimentais. Foram selecionadas onze cepas endofíticas, das 65 isoladas da parte aérea e sistema radicular de *A. multiflora*, pertencentes aos gêneros: *Aspergillus* (2), *Trichoderma* (4), *Lasiodiplodia* (1), *Chaetomium* (2), *Polyschema* (1) mais *Mycelia sterilia* (1).

Os tratamentos foram dispostos da seguinte forma: Tratamento 1- *Aspergillus* (A1); Tratamento 2- *Aspergillus* (A3); Tratamento 3- *Chaetomium* (C1); Tratamento 4- *Chaetomium* (C2); Tratamento 5- *Lasiodiplodia* (LA); Tratamento 6- *Mycelia sterilia* (AM); Tratamento 7- *Polyschema* (PO); Tratamento 8- *Trichoderma* (TC12); Tratamento 9- *Trichoderma* (TC2); Tratamento 10- *Trichoderma* (TC4); Tratamento 11- *Trichoderma* (TC5); Tratamento 12 - Controle (água destilada) (CON).

Todos os isolados foram repicados em placas de Petri contendo meio de cultura BDA (Batata-Dextrose-Ágar), e incubados à temperatura de $\pm 28^{\circ}\text{C}$, por período suficiente ao desenvolvimento de esporos. Após incubação procedeu-se o preparo de inóculo com suspensão de esporos para os isolados de *Aspergillus*, *Trichoderma* e *Chaetomium*.

A cada placa contendo as colônias, foram acrescentados 15 mL de água destilada estéril e 2 gotas de Tween 20®, e com auxílio de uma alça de Drigalsky, foi feita a raspagem das colônias. O ajuste da concentração de esporos da suspensão para a concentração final desejada (10^7 conídios. mL⁻¹) foi realizado através de contagem de esporos na câmara de Neubauer usando microscópio óptico, sendo realizada a diluição da suspensão quando necessária.

Para os isolados que não produziram esporos em quantidade suficiente como, *Lasiodiplodia*, *Polyschema* e *Mycelia sterilia*, foram realizadas suspensões miceliais. A suspensão micelial consistiu em triturar o micélio produzido pelas colônias, com a mesma quantidade de água destilada estéril utilizada na suspensão de esporos.

Inoculações

A primeira inoculação foi realizada 30 dias após o primeiro transplante (13/03/2020) e consistiu em aspergir toda extensão das plântulas, com as suspensões fúngicas, sendo aplicado 0,5 mL de suspensão em cada plântula. Para o tratamento controle foi aspergido 0,5 mL de água destilada. Após a inoculação, os frascos retornaram para a sala de crescimento, e foram dispostos em prateleiras, com fotoperíodo controlado de 12h, em temperatura ambiente ($25\pm 2^\circ\text{C}$) por um período de 60 dias.

Após o período de 65 dias (18/05/2020), as mudas foram levadas para casa de vegetação e transplantadas para vasos com aproximadamente 180 mL de capacidade, perfurados na parte inferior para a drenagem de água. O substrato utilizado foi formulado com Vitaplan, Casca de Pinus e Húmus de Minhoca, na proporção de 2:1:1. Inicialmente foi montada uma câmara úmida com lona plástica para aclimatização das mudas.

A segunda inoculação ocorreu 90 dias após o segundo transplante (18/08/2020) e consistiu em aspergir cada planta com 6,0 mL da suspensão fúngica correspondente a cada isolado usado como tratamento, sendo a mesma quantidade de água destilada usada para o tratamento controle.

Variáveis avaliadas

Aos 206 dias após o segundo transplante (14/12/2020) foram avaliadas as seguintes características morfológicas nas mudas.

- a) Comprimento da planta (COMP) - determinado com auxílio de uma régua graduada (cm), considerando o intervalo entre o ponto de inserção da folha D no caule, até o extremo do limbo foliar;
- b) Número de folhas por planta (NF) - a contagem foi realizada partindo-se da folha basal até a última aberta, desconsiderando as que estavam em processo de senescência;
- c) Largura basal da folha D (LARBAS) - mensurada com régua graduada (cm), a largura da base da folha D, onde começava o limbo foliar;
- d) Largura mediana da folha D (LARMED) - a largura mediana foi mensurada considerando a distância mediana entre a base da folha e o ápice do limbo foliar da folha D, expresso em cm;

- e) Comprimento do caule (CC) - após destacar todas as folhas, o comprimento do caule foi avaliado com um paquímetro (cm);
- f) Diâmetro do caule (DC) - utilizando um paquímetro, após destacar todas as folhas;
- g) Comprimento da raiz (CR) - as bromélias foram cuidadosamente retiradas dos vasos, lavadas em água corrente para remoção do substrato residual e, com uma régua graduada (cm), foi medida a distância do colo até a extremidade da raiz principal.
- h) Massa fresca da folha (MFF) - para determinação da MFF, as mudas foram seccionadas na altura da base do caule e, pesadas em balança eletrônica de precisão (g);
- i) Massa fresca do caule (MFC) - após a retirada das folhas, foi realizada a pesagem em balança eletrônica de precisão (g);
- j) Massa fresca da raiz (MFR) - após o sistema radicular ser separado da parte aérea, e as raízes serem lavadas para retirada de resíduos do substrato, procedeu-se a pesagem da MFR (g);
- k) Massa fresca total (MFT) - foi inferida através da soma da massa fresca de toda a parte aérea (MFF + MFC) e massa fresca do sistema radicular da planta (MFR), expressa em (g);
- l) Massa seca da folha (MSF) - as folhas foram acondicionadas em sacos de papel, etiquetadas e colocadas em estufa a 65°C, com circulação forçada de ar até alcançarem peso constante. Posteriormente, foram pesadas em balança eletrônica de precisão (g) (BÖHM, 1979);
- m) Massa seca do caule (MSC) - procedimento igual ao descrito para o item L;
- n) Massa seca da raiz (MSR) - procedimento igual ao descrito para o item L;
- o) Massa seca total (MST) - Foi inferida através da soma da massa seca de toda parte aérea (MSF + MSC) e massa seca do sistema radicular da planta (MSR), expressa em (g);

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), usando o software R-Studio. E as médias comparadas pelo teste de Scott-knott com

significância de 5 % de probabilidade, quando o valor do teste F, na análise de variância foi significativo.

Tabela 1. Resumo das análises de variância do número de folhas (NF), comprimento (COMP), largura basal (LARBAS) e, largura mediana (LARMED) da folha D, comprimento do caule (CC), diâmetro do caule (DC) e comprimento da raiz (CR) de mudas de *Aechmea multiflora*, em função dos fungos endofíticos inoculados, no período de 07 de janeiro de 2020 a 14 de dezembro de 2020, Cruz das Almas – BA

FV	GL	Quadrado Médio						
		NF	COMP	LARBAS	LARMED	CC	DC	CR
Tratamento	11	3.4242 ^{ns}	21.8530*	0.53954 ^{ns}	0.21917 ^{ns}	0.148273*	0.070152*	13.3855 ^{ns}
Resíduo	108	2.1278	7.8279	0.24856	0.13143	0.047463	0.033815	8.5842
CV(%)	-	8.07	13.01	14.34	13.01	19.9	13.34	17.48

* - Efeito significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} - não significativo

Tabela 2. Resumo das análises de variância da massa fresca da folha (MFF), massa fresca do caule (MFC), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da raiz (MSR) e, massa seca total (MST) de mudas de *Aechmea*, em função dos fungos endofíticos inoculados, no período de 07 de janeiro de 2020 a 14 de dezembro de 2020, Cruz das Almas – BA.

FV	GL	Quadrado Médio							
		MFF	MFC	MFR	MFT	MSF	MSC	MSR	MST
Tratamento	11	169.37*	0.66191*	1.8550*	211.674*	0.36997 ^{ns}	0.0074763*	0.0315299*	0.62955 ^{ns}
Resíduo	108	3885.8	0.12487	0.2372	40.547	0.25838	0.0009416	0.0044024	0.29186
CV(%)	-	19.95	21.13	16.87	18.39	18.73	17.93	14.9	16.22

* - Efeito significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} - não significativo

Tabela 3- Resultado do Teste de Scott-knott, ao nível de 5% de probabilidade, entre os tratamentos inoculados, para cada uma das variáveis: número de folhas (NF), comprimento (COMP), largura basal (LARBAS) e, largura mediana (LARMED) da folha D, comprimento do caule (CC), diâmetro do caule (DC), comprimento da raiz (CR), massa fresca da folha (MFF), massa fresca do caule (MFC), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da raiz (MSR) e, massa seca total (MST) de mudas de *Aechmea multiflora*.

Fungos	COMP (cm)	CC (cm)	DC (cm)	MFF (g)	MFC (g)	MFR (g)	MFT (g)	MSC (g)	MSR (g)
A1	23.34 a	1.17 a	1.46 a	35.11 a	1.99 a	3.29 a	40.39 a	0.19 a	0.52 a
A3	23.27 a	1.22 a	1.43 a	32.78 a	1.83 a	3.59 a	38.22 a	0.18 a	0.50 a
AM	22.33 a	1.16 a	1.45 a	33.54 a	1.76 a	2.97 b	38.28 a	0.19 a	0.44 a
C1	22.68 a	1.28 a	1.53 a	31.97 a	2.09 a	2.98 b	37.06 a	0.19 a	0.47 a
C2	21.66 a	1.01 b	1.42 a	33.25 a	1.65 a	2.50 c	37.42 a	0.18 a	0.41 b
CON	18.75 b	0.99 b	1.23 b	20.70 b	1.26 b	2.29 c	24.26 b	0.12 b	0.34 b
LA	21.51 a	0.98 b	1.33 b	31.36 a	1.44 b	2.88 b	35.68 a	0.17 a	0.47 a
PO	20.34 b	1.14 a	1.37 b	24.67 b	1.55 b	2.04 c	28.26 b	0.15 b	0.38 b
TC12	21.00 a	1.04 b	1.33 b	30.67 a	1.48 b	2.95 b	35.10 a	0.14 b	0.37 b
TC2	22.37 a	0.93 b	1.34 b	29.07 a	1.68 a	3.22 a	33.99 a	0.14 b	0.49 a
TC4	21.66 a	1.25 a	1.37 b	30.38 a	1.90 a	3.03 b	35.32 a	0.20 a	0.45 a
TC5	19.16 b	0.97 b	1.28 b	27.31 b	1.37 b	2.86 b	31.56 b	0.13 b	0.44 a
Média	21,50	1,09	1,37	30,06	1,66	2,88	34,62	0,16	0,44

* Médias seguidas pelas mesmas letras e na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Scott-knott, ao nível de 5% de probabilidade.

** *Aspergillus* (A1; A3), *Mycelia sterilia* (AM), *Chaetomium* (C1; C2); Controle (CON), *Lasiodiplodia* (LA), *Polyschema* (PO), *Trichoderma* (TC12,TC2,TC4,TC5).

RESULTADOS

Considerando os tratamentos em geral, foram significativas, a 5 % de probabilidade as seguintes variáveis avaliadas: comprimento da planta e do caule, diâmetro do caule; massa fresca das folhas, do caule, da raiz e total; massa seca do caule, da raiz e total (Tabelas 1 e 2).

O comprimento da planta foi significativamente influenciado pelos tratamentos aplicados. O maior valor (23,34 cm) correspondeu às plantas inoculadas com a suspensão do endofítico "*Aspergillus 1*" (A1) e, o menor (18,75 cm), àquelas que receberam água destilada como tratamento controle. Apenas dois tratamentos não diferiram da testemunha PO e TC5. Os demais nove endofíticos testados foram efetivos para esta variável e não diferiram entre si.

O diâmetro médio do caule foi de 1,37 cm, sendo positivamente influenciado somente pelos fungos "*Chaetomium 1*" (C1), "*Chaetomium 2*" (C2), "*Aspergillus 1*" (A1), "*Aspergillus 3*" (A3) e *Mycelia sterilia* (AM). Entretanto, para a variável comprimento do caule "*Polyschema*" (PO) e "*Trichoderma 4*" (TC4) também foram determinantes.

De acordo com a Tabela 3, os maiores valores de massa fresca da folha corresponderam às plantas que receberam os tratamentos "*Aspergillus 1*" (A1), "*Chaetomium 1*" (C1), "*Chaetomium 2*" (C2), "*Aspergillus 3*" (A3), *Mycelia sterilia* (AM), "*Lasiodiplodia* (LA), "*Trichoderma 4*" (TC4), "*Trichoderma 12*" (TC12) e "*Trichoderma 2*" (TC2), os quais não diferiram estatisticamente entre si.

A característica massa fresca total variou de 40,39 a 24,26 g por planta, e de modo semelhante a massa fresca da folha, os melhores resultados foram para as mudas inoculadas com "*Aspergillus 1*" (A1), "*Chaetomium 1*" (C1), "*Chaetomium 2*" (C2), "*Aspergillus 3*" (A3), *Mycelia sterilia* (AM), "*Lasiodiplodia* (LA), "*Trichoderma 4*" (TC4), "*Trichoderma 12*" (TC12) e "*Trichoderma 2*" (TC2), as quais também não diferiram estatisticamente entre si, mas significativamente diferentes dos tratamentos: Controle, "*Polyschema*" (PO) e "*Trichoderma 5*" (TC5), que apresentaram incrementos de massa fresca total inferiores.

Com relação à característica massa fresca da raiz, as mudas inoculadas com "*Aspergillus 1*" (A1), "*Aspergillus 3*" (A3) e "*Trichoderma 2*" (TC2) com 3,29; 3,59 e 3,22 g respectivamente mostraram respostas significativamente melhores do que a

testemunha.

Para o teor de massa seca da folha e massa seca total da planta não houve diferença estatística entre os tratamentos com os endófitos e a testemunha, sendo que as plantas apresentaram em média 2,70 g de massa seca da folha e 3,32 g de massa seca total da planta. Sendo assim os tratamentos aplicados não influenciaram na acumulação de matéria orgânica na planta. Em relação à MFC, obteve-se o maior valor com o C1 (2,09 cm) mas que não diferiu significativamente do A1, A3, AM, C2, TC2 e TC4 com exceção dos tratamentos CON, LA, PO, TC12 e TC5, que apresentaram valores baixos.

Para variável MSR foi encontrado maior valor para o tratamento A1 que estatisticamente não deferiu dos tratamentos A3, AM, C1, LA, TC2, TC4 e TC5 diferindo apenas dos tratamentos C2, CON, PO e TC12.

O tratamento TC4 proporcionou maior incremento de massa seca ao caule (0,20 g), porém não diferiu estatisticamente dos tratamentos A1, A3, AM, C1, C2, LA e TC5. Os tratamentos CON, PO, TC12, TC2 e TC5 alcançaram as menores médias (0,12; 0,15; 0,14; 0,14; 0,13, respectivamente) para esta característica.

DISCUSSÃO

Bilal et al. (2018), também observaram que uma cepa, identificada como *Aspergillus fumigatus* TS1, influenciou positivamente a variável comprimento da parte aérea de mudas de arroz Waito-C mutante, além de também contribuir para o desenvolvimento da raiz e produção de biomassa. De acordo Bilal et al. (2018), a atividade promotora de crescimento dos endófitos pode ser atribuída aos vários tipos de GAs e IAA observados nos filtrados de cultura dos endófitos. No entanto, a produção de hormônios vegetais e bioquímicos por microrganismos depende de uma série de condições, como pH, temperatura, período de incubação, tipos de microrganismo, dinâmica de crescimento e sua fisiologia interna (KHAN et al.2012). Neste estudo além das cepas “*Aspergillus 1*” (A1) e “*Aspergillus 3*” (A3), *Mycelia sterilia* (AM), “*Chaetomium 1*” (C1), “*Chaetomium 2*” (C2), “*Lasiodiplodia* (LA), “*Trichoderma 2*” (TC2), “*Trichoderma 4*” (TC4), “*Trichoderma 12*” (TC12) promoveram o crescimento da parte aérea de *A. multiflora* de modo semelhante. Sendo o

comprimento compreendido a distância entre a base da planta e o ápice da folha D.

O diâmetro de caule é um relevante parâmetro de qualidade de mudas. Visto que é importante para suportar a parte aérea da planta. Os tratamentos menos eficientes para incremento do diâmetro do caule foram “*Polyschema*” (PO), *Trichoderma 4*” (TC4), “*Trichoderma 2*” (TC2), “*Trichoderma 5*” (TC5) e “*Lasiodiplodia* (LA), que se comportaram de modo semelhante ao controle. Plantas com baixo diâmetro, podem apresentar dificuldades em manter-se eretas após plantio em campo, podendo sofrer com deformações ou até mesmo a morte (DE LIMA et al., 2020). De acordo com os padrões de qualidade de Ibraflor (2020), a bromélia deve ter uma boa formação e boa sustentação no vaso.

Embora sejam encontrados registros do gênero *Lasiodiplodia* como fitopatogênico em cacauzeiro, mamoeiro, videira, abacateiro, goiabeira, bananeira, aceroleira, palma, sisaleira, laranjeira, limoeiro, maracujazeiro, pimentão e cajueiro (TAVARES, 2002), é também reconhecido em outros hospedeiros pela capacidade de colonizar tecidos vegetais sem aparente sintoma (CARDOSO et al., 2009). Os resultados encontrados neste estudo, demonstraram que o tratamento aplicado, composto da suspensão micelial de *Lasiodiplodia* contribuiu positivamente parâmetros de crescimento como comprimento, massa fresca da folha, massa fresca total, massa seca do caule e massa seca da raiz, obtendo valores médios superiores em relação ao tratamento controle.

Segundo Salvatore; Andolfi e Nicoletti (2020), há uma linha tênue entre patogenicidade e endofitismo, visto que muitos patógenos têm um estágio latente em seu ciclo de vida durante o qual estão assintomáticos ao hospedeiro, sendo a duração deste estágio variável e dependente de mudanças na susceptibilidade do hospedeiro induzida por estresses ambientais.

A colonização da raiz por fungos do gênero *Trichoderma* frequentemente acarreta maior crescimento da planta, maior produtividade e aumento do desenvolvimento da raiz e da resistência a estresses abióticos (HARMAN et al., 2004). No entanto, esses benefícios variam de acordo o tipo de cultivo, condições de crescimento, taxa de inóculo e tipo de formulação (STEWART; HILL, 2014). Neste estudo, os tratamentos com *Trichoderma* não foram uniformes com relação aos parâmetros agrônômicos avaliados diferentemente dos resultados obtidos por Aguiar et al. (2013) que demonstraram que *Trichoderma* spp. incrementou a massa fresca da parte aérea do feijoeiro. Em mudas de *Camellia sinensis*, *Trichoderma asperellum*

TC01 promoveu aumento na altura do rebento, diâmetro do caule, peso fresco do rebento, peso fresco da raiz, massa seca do rebento e massa seca da raiz aos 45 dias após a inoculação em casa de vegetação (SHANG; LIU; XU, 2020).

Analisando-se os dados obtidos, nota-se que a inoculação do endofítico “*Aspergillus 1*” (A1) influenciou de forma positiva nas variáveis, comprimento, massa fresca da folha, massa fresca total e massa seca da raiz, as quais apresentaram diferenças significativas em relação ao tratamento controle (CON), demonstrando que a associação com o fungo favoreceu a absorção de nutrientes. Araújo et al. (2020), avaliando o potencial promotor de crescimento *Aspergillus niger* em mudas de café (*Coffea arabica* L.), também obtiveram incrementos significativos em comprimento e massa seca de raiz. Resultados semelhantes foram obtidos por Abdel-Motaal et al. (2020), ao avaliarem potencial de promoção do crescimento do endófito *Aspergillus flavus* em tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), onde a inoculação de *A. flavus* aumentou significativamente o comprimento da planta em comparação com o controle. Plantas de soja inoculadas com uma nova cepa de *Aspergillus fumigatus* aumentaram significativamente o comprimento e biomassa fresca da parte aérea, através da produção de giberelinas (KHAN et al., 2011).

Segundo Hung e Rutgers (2016), fungos do gênero *Aspergillus* têm o potencial de induzir a promoção do crescimento de plantas por meio de uma ampla gama de mecanismos, como o auxílio na absorção de fosfato, produção de compostos biologicamente ativos, compreendendo auxinas, giberelinas e outros compostos semelhantes a fito-hormônios e além de uma série de metabólitos secundários. Observou-se que o tratamento (C1) correspondente ao fungo endofítico “*Chaetomium 1*”, contribuiu para o comprimento e diâmetro do caule e incremento de massa fresca também do caule (MFC). Khan et al. (2012), observaram que o endófito *Chaetomium globosum*, isolado das raízes de plantas de pimenta (*Capsicum annuum* L.) promoveu significativamente o crescimento da parte aérea, teor de clorofila e biomassa de mudas de arroz.

Segundo Schulz e Boyle (2005), plantas tratadas com endófitos são constantemente mais saudáveis do que aquelas sem a simbiose endófito-hospedeiro. Podendo-se atribuir a isso à secreção endófito de fitormônios como as giberelinas e IAAs (KHAN et al., 2012). Ortiz et al. (2019) utilizou uma cepa de *Chaetomium cupreum* para avaliar seu papel na promoção do crescimento vegetal e indução de tolerância em *Eucalyptus globulus* sob estresse de cobre. Perceberam que *C.*

cupreum apresentou uma maior taxa de produção de sideróforos e ácido indol acético em comparação a outra cepa inoculada. Resultados semelhantes foram observados por Haruma et al., (2018), onde o fungo *C. cupreum* promoveu o crescimento e desintoxicou o alumínio em *Miscanthus sinensis*.

O tratamento controle (CON), o qual não houve inoculação fúngica, apresentou desempenho inferior, com as menores médias para seis das variáveis estudadas (COMP, DC, MFF, MFT, MSC e MSR), sugerindo que as mudas se desenvolveram melhor na presença dos endofíticos.

Os tratamentos A1, A3, AM, C1 e C2 se destacaram pela eficiência na melhoria de diversas variáveis.

CONCLUSÕES

Os fungos endofíticos isolados de *A. multiflora* interferem nos parâmetros comprimento da planta, comprimento do caule, diâmetro do caule, massa fresca da folha, massa fresca do caule, massa fresca da raiz, massa fresca total, massa seca do caule e massa seca da raiz.

No entanto, as inoculações não interferiram no rendimento de variáveis como número de folhas, largura basal e mediana da folha D, comprimento da raiz, massa seca da folha e massa seca total, sendo os resultados obtidos semelhantes estatisticamente entre si e o tratamento controle.

As cepas "*Aspergillus 1*", "*Aspergillus 3*", "*Mycelia sterilia*", "*Chaetomium 1*" e "*Chaetomium 2*" apresentaram melhores resultados quanto a promoção de crescimento das bromélias, visto sua contribuição positiva para todos os parâmetros avaliados, que foram estatisticamente significativos. O endófito "*Polyschema*" apresentou desempenho inferior, para todos os parâmetros estatisticamente significativos avaliados, com exceção para comprimento do caule.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aechmea multiflora é uma espécie endêmica da Caatinga e o estudo da microbiota endofítica associada a esta espécie permitiu o conhecimento de uma nova fonte de microrganismos com potencial para uso em processos biotecnológicos envolvendo a produção de compostos, bem como o estudo de perspectivas futuras a respeito da propagação de bromélias em associação com microrganismos endofíticos.

A descoberta da capacidade desses microrganismos em promover o crescimento vegetal de *A. multiflora* refletirá em melhorias na qualidade e produção da planta. No entanto, estudos futuros são necessários para a verificação dos compostos ativos produzidos por estes microrganismos e para um melhor entendimento da sua associação com as bromélias endêmicas na Caatinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-MOTAAL, Fatma et al. Early blight suppression and plant growth promotion potential of the endophyte *Aspergillus flavus* in tomato plant. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 65, n. 2, p. 117-123, 2020.
- AHEMAD, Munees; KIBRET, Mulugeta. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King saud University-science**, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2014.
- AHMAD, R. Z. et al. Fungal endophytes trigger *Achnatherum inebrians* germination ability against environmental stresses. **South African Journal of Botany**, v. 134, p. 230-236, 2020.
- ANITH, K. N. et al. Root colonization by the endophytic fungus *Piriformospora indica* improves growth, yield and piperine content in black pepper (*Piper nigrum* L.). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 14, p. 215-220, 2018.
- ARAÚJO, Vithória Cacique et al. Enhanced growth in nursery of coffee seedlings inoculated with the rhizosphere fungus *Aspergillus niger* for field transplantation. **Rhizosphere**, v. 15, p. 100236, 2020.
- ARKHIPOVA, T. N. et al. Cytokinin producing bacteria enhance plant growth in drying soil. **Plant and Soil**, v. 292, n. 1, p. 305-315, 2007.
- BILAL, Lubna et al. Plant growth promoting endophytic fungi *Asprgillus fumigatus* TS1 and *Fusarium proliferatum* BRL1 produce gibberellins and regulates plant endogenous hormones. **Symbiosis**, v. 76, n. 2, p. 117-127, 2018.
- CARDOSO, José Emilson et al. Ocorrência endofítica de *Lasiodiplodia theobromae* em tecidos de cajueiro e sua transmissão por propágulos. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 4, p. 262-266, 2009.
- COLLA, Giuseppe et al. Co-inoculation of *Glomus intraradices* and *Trichoderma atroviride* acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of vegetable crops. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 8, p. 1706-1715, 2014.
- CONTRERAS-CORNEJO, Hexon Angel et al. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in Arabidopsis. **Plant physiology**, v. 149, n. 3, p. 1579-1592, 2009.
- DE AGUIAR, Anderson Rossi et al. Seleção de isolados de *Trichoderma* spp. na promoção de crescimento de mudas do feijoeiro cv. Carioca e controle de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Ciência e Natura**, v. 34, n. 2*, p. 47-58, 2013.

DE LIMA, Alan Ferreira Leite et al. Diferentes substratos na formação de mudas de biribazeiro (*Rollinia mucosa* [Jacq.] Bail) em Humaitá, AM. **Scientia Plena**, v. 16, n. 7, 2020.

ARAÚJO, Éder de Vilhena et al. The chemical warfare involved in endophytic microorganisms-plant associations. In: **Microbial Endophytes**. Woodhead Publishing, 2020. p. 125-159.

FRANCISCO, João Paulo et al. Estimativa da área foliar do abacaxizeiro cv. Vitória por meio de relações alométricas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 285-293, 2014.

GAMALERO, Elisa; BERTA, Graziella; GLICK, Bernard R. The use of microorganisms to facilitate the growth of plants in saline soils. In: **Microbial strategies for crop improvement**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 1-22.

GRAÇAS, Jonathas Pereira et al. Microrganismos estimulantes na agricultura. **Piracicaba: ESALQ**, 2015.

HARMAN, Gary E. et al. Trichoderma species—opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature reviews microbiology**, v. 2, n. 1, p. 43-56, 2004.

HARUMA, Toshikatsu et al. Root endophytic *Chaetomium cupreum* promotes plant growth and detoxifies aluminum in *Miscanthus sinensis* Andersson growing at the acidic mine site. **Plant species biology**, v. 33, n. 2, p. 109-122, 2018.

HASSAN, Saad El-Din. Plant growth-promoting activities for bacterial and fungal endophytes isolated from medicinal plant of *Teucrium polium* L. **Journal of advanced research**, v. 8, n. 6, p. 687-695, 2017.

HUNG, R.; RUTGERS, S. Lee. Applications of *Aspergillus* in plant growth promotion. In: **New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering**. Elsevier, 2016. p. 223-227.

IBRAFLOR - Instituto Brasileiro de Floricultura. 2020. Padrão Ibraflor de Qualidade. Campinas, 04p.

JOHNSTON-MONJE, David et al. Paying the rent: how endophytic microorganisms help plant hosts obtain nutrients. **Elsevier**, 2019.

KÄMPF, A.N. Adubação foliar em *Aechmea fasciata* (L) Backer. **Revista da Sociedade Brasileira de Bromélias**, v.1, p. 16-20, 1994.

KHAN, Abdul Latif et al. Endophytic fungi: resource for gibberellins and crop abiotic stress resistance. **Critical reviews in biotechnology**, v. 35, n. 1, p. 62-74, 2015.

KHAN, Abdul Latif et al. Gibberellins producing endophytic *Aspergillus fumigatus* sp. LH02 influenced endogenous phytohormonal levels, isoflavonoids production and plant growth in salinity stress. **Process biochemistry**, v. 46, n. 2, p. 440-447, 2011.

KHAN, Abdul Latif et al. Role of endophyte *Chaetomium globosum* Ik4 in growth of *Capsicum annuum* by production of gibberellins and indole acetic acid. **Pakistan Journal of Botany**, v. 44, n. 5, p. 1601-1607, 2012.

KUMAR, Ajay et al. Entry, colonization, and distribution of endophytic microorganisms in plants. In: **Microbial Endophytes**. Woodhead Publishing, 2020. p. 1-33.

LALLY, Richard D. et al. Application of endophytic *Pseudomonas fluorescens* and a bacterial consortium to *Brassica napus* can increase plant height and biomass under greenhouse and field conditions. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 2193, 2017.

LEROY, Céline et al. The contribution of microorganisms and metazoans to mineral nutrition in bromeliads. **Journal of Plant Ecology**, v. 9, n. 3, p. 241-255, 2016.

LUZ, Jaqueline Silva et al. Atividade enzimática de fungos endofíticos e efeito na promoção do crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 2, p. 128-134, 2006.

ORTIZ, J. et al. Alleviation of metal stress by *Pseudomonas orientalis* and *Chaetomium cupreum* strains and their effects on *Eucalyptus globulus* growth promotion. **Plant and Soil**, v. 436, n. 1, p. 449-461, 2019.

RAI, Mahendra et al. Fungal growth promotor endophytes: a pragmatic approach towards sustainable food and agriculture. **Symbiosis**, v. 62, n. 2, p. 63-79, 2014.

RIOS, Élica Santos Carvalho et al. Growth of leaf D and productivity of 'Imperial' pineapple as a function of nitrogen and potassium fertilization. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 2, 2018.

SALVATORE, Maria Michela; ANDOLFI, Anna; NICOLETTI, Rosario. The thin line between pathogenicity and endophytism: The case of *Lasiodiplodia theobromae*. **Agriculture**, v. 10, n. 10, p. 488, 2020.

SCHULZ, Barbara; BOYLE, Christine. The endophytic continuum. **Mycological research**, v. 109, n. 6, p. 661-686, 2005.

SCHULZ, Barbara; BOYLE, Christine. The endophytic continuum. **Mycological research**, v. 109, n. 6, p. 661-686, 2005.

SHANG, Jing; LIU, Bingliang; XU, Ze. Efficacy of *Trichoderma asperellum* TC01 against anthracnose and growth promotion of *Camellia sinensis* seedlings. **Biological Control**, v. 143, p. 104205, 2020.

SIRRENBURG, Anke et al. *Piriformospora indica* affects plant growth by auxin production. **Physiologia plantarum**, v. 131, n. 4, p. 581-589, 2007.

SPAGNOLETTI, Federico Nicolás et al. Dark septate endophytes present different potential to solubilize calcium, iron and aluminum phosphates. **Applied Soil Ecology**, v. 111, p. 25-32, 2017.

STEWART, Alison; HILL, Robert. Applications of *Trichoderma* in plant growth promotion. In: **Biotechnology and biology of Trichoderma**. Elsevier, 2014. p. 415-428.

SUDHA, Venkatesan et al. Biological properties of endophytic fungi. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 59, 2016.

TAVARES, SCC de H. Epidemiologia e manejo integrado de *Botryodiplodia theobromae*-situação atual no Brasil e no mundo. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Fitopatologia Brasileira, Brasília, DF, v. 27, p. 46-52, ago. 2002., 2002.

VURUKONDA, Sai Shiva Krishna Prasad; GIOVANARDI, Davide; STEFANI, Emilio. Atividade promotora de crescimento e biocontrole de *Streptomyces* spp. como endófitos. **Revista internacional de ciências moleculares**, v. 19, n. 4, p. 952, 2018.

WANI, Zahoor Ahmed et al. Plant-endophyte symbiosis, an ecological perspective. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 99, n. 7, p. 2955-2965, 2015.

WAQAS, Muhammad et al. Endophytic fungi produce gibberellins and indoleacetic acid and promotes host-plant growth during stress. **Molecules**, v. 17, n. 9, p. 10754-10773, 2012.

WAWERU, Bancy et al. Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* endophytes provide field control of nematodes, improving yield of banana (*Musa* sp.). **Biological Control**, v. 74, p. 82-88, 2014.

WONGLOM, Prisana; ITO, Shin-ichi; SUNPAPAO, Anurag. Volatile organic compounds emitted from endophytic fungus *Trichoderma asperellum* T1 mediate antifungal activity, defense response and promote plant growth in lettuce (*Lactuca sativa*). **Fungal Ecology**, v. 43, p. 100867, 2020.

YANG, Bo et al. Fungal endophyte *Phomopsis liquidambari* affects nitrogen transformation processes and related microorganisms in the rice rhizosphere. **Frontiers in microbiology**, v. 6, p. 982, 2015.

YOU, Young-Hyun et al. *Cadophora malorum* Cs-8-1 as a new fungal strain producing gibberellins isolated from *Calystegia soldanella*. **Journal of basic microbiology**, v. 53, n. 7, p. 630-634, 2013.

ZHOU, Li Si; TANG, Kun; GUO, Shun Xing. The plant growth-promoting fungus (PGPF) *Alternaria* sp. A13 markedly enhances *Salvia miltiorrhiza* root growth and active ingredient accumulation under greenhouse and field conditions. **International journal of molecular sciences**, v. 19, n. 1, p. 270, 2018.

