

**Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e
Evolução Universidade Federal da Bahia**

**Impacto do fogo na Diversidade de Fungos Micorrízicos
Arbusculares associados à *Comanthera mucugensis*
(Giul.) L.R.Parra & Giul. no município de Mucugê,
Chapada Diamantina, BA**

Thamires Brito Cunha Bomfim

**Salvador, BA
2023**

Thamires Brito Cunha Bomfim

Impacto do fogo na Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares associados à *Comanthera mucugensis* (Giul.) L.R.Parra & Giul. no município de Mucugê, Chapada Diamantina, BA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia para a obtenção do Título de Mestra em Biodiversidade e Evolução pelo Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Evolução.

Orientadora: Bianca Denise Barbosa da Silva (UFBA) Coorientadora: Danielle Karla Alves da Silva (UFPE)

**Salvador, BA
2023**

Bomfim, Thamires Brito Cunha.

Impacto do fogo na Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares associados à *Comanthera mucugensis* (Giul.) L.R.Parra & Giul. no município de Mucugê, Chapada Diamantina, BA

xxf.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Bianca Denise Barbosa da Silva.

Coorientador: Profa. Dra. Danielle Karla Alves da Silva.

Dissertação(mestrado) -Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Salvador,

2023.

1.Micologia. 2. FMA. 3. Fungos - Bahia - ecologia. 4.Biodiversidade. I. Silva, Bianca Denise Barbosa da. II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Biologia. III. Título.

**Salvador, BA
2023**

Comissão julgadora

Impacto do fogo na Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares associados à *Comanthera mucugensis* (Giul.) L.R.Parra & Giul. no município de Mucugê, Chapada Diamantina, BA

Thamires Brito Cunha Bomfim

Orientadora: Bianca Denise Barbosa da Silva
Coorientadora: Danielle Karla Alves da Silva

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Evolução da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre na área de Biodiversidade e Evolução.

Aprovada por:

Em 28 de Novembro de 2023.

Profa. Dra. Bianca Denise Barbosa da Silva

Dra. Larissa Cardoso Vieira

Dra. Joana Suassuna da Nóbrega Veras

Orientadora: Bianca Denise Barbosa da Silva
Coorientadora: Danielle Karla Alves da Silva

“Você era, antes que o mundo tentasse defini-lo.”
Viola Davis

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais por todo apoio e colaboração ao longo deste árduo processo. Sem vocês este trabalho não seria possível;

Agradeço à Thaise, por todo suporte e paciência nesta caminhada. Meu bem, sem você esta reta final seria menos leve.

Agradeço à minha orientadora Bianca e a minha coorientadora Danielle, por todo suporte e dedicação a este trabalho;

Agradeço a Universidade Federal da Bahia (UFBA) por toda estrutura fornecida para o meu processo formativo;

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Evolução (PPGBioEvo), por todo suporte, orientação e sugestões de melhorias neste trabalho;

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pelos meses de fomento;

Agradeço à Técnica Laura, por toda ajuda durante as análises e suporte na sala de práticas do Instituto de Biologia;

Agradeço à professora Fernanda, do Departamento de Química Geral e Inorgânica da UFBA por todo suporte, incentivo e apoio nas análises do solo;

Agradeço aos meus amigos, em especial Ruane e Juliana por terem me apoiado e serem um ombro amigo nesta jornada;

Agradeço a professora Sheila por todo suporte, por todas as conversas e por todo acolhimento, sem ela esta caminhada seria mais difícil;

Agradeço aos estudantes de Iniciação Científica que trabalharam comigo ao longo deste processo, em especial a Pablo, por toda colaboração e empenho ao longo deste trabalho;

Agradeço aos meus colegas de laboratório, por todo apoio nas coletas do material, esse trabalho também reflete o esforço de vocês;

Agradeço também ao Laboratório de Algas Marinhas (LAMAR) da UFBA por todo suporte e disponibilidade dos equipamentos para a análise dos materiais e

Agradeço a Srº Nilton e aos gestores do Projeto Sempre Viva por todo o apoio e acolhimento nas coletas do projeto.

Lista de Figuras

Introdução Geral

Figura 1: Mapa de identificação do município de Mucugê na Chapada Diamantina – Bahia14

Figura 2: Evolução das simbioses endomicorrízicas durante o Paleozóico, nas primeiras plantas às árvores.....15

Capítulo único

Figura 1: Mapa de localização das áreas de coleta do solo em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre- Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023.....26

Figura 2: Número de glomerosporos em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023.....29

Figura 3: Diagramas de Venn em áreas de Caatinga que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.....32

Figura 4: Diversidade de Shannon baseada na comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.....33

Figura 5: Riqueza de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.....33

Figura 6: Curva de acumulação de espécies de FMA em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.....34

Figura 7: Análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) baseado nos dados de abundância das comunidades de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA (stress=0,09). Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.....35

Lista de tabelas

Tabela 1: Coordenadas geográficas dos pontos de coleta do solo em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023.....27

Tabela 2: Abundância relativa das espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.....29

Tabela 3: Espécies indicadoras de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em áreas de Caatinga que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.....34

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	12
1. Origem e evolução dos glomeromicetos e da simbiose micorrízica arbuscular.....	15
2. Caracterização do Filo Glomeromycota.....	16
3. Fungos Micorrízicos Arbusculares e o efeito do fogo.....	18
CAPÍTULO ÚNICO.....	21
INTRODUÇÃO.....	23
MATERIAL E MÉTODOS.....	25
Área de estudo.....	25
Extração e identificação dos glomeroposros.....	27
Análises estatísticas.....	27
RESULTADOS.....	28
DISCUSSÃO.....	35
CONCLUSÃO.....	39
AGRADECIMENTOS.....	40
REFERENCIAS.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
APÊNDICE.....	55

RESUMO

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) possuem elevada importância ecológica por realizarem associações com as raízes da maioria das espécies vegetais existentes. Cerca de 90% das espécies vegetais fazem este tipo de associação, denominada micorrizas. Os FMA permitem maior absorção de nutrientes do solo ao expandir o sistema radicular dos vegetais por meio do seu micélio, proporcionando ao hospedeiro maior tolerância a estresses bióticos e abióticos. A *Comanthera mucugensis* é uma planta conhecida popularmente como sempre- viva, possuindo elevada importância para a região de Mucugê, na Chapada Diamantina - Bahia. Considerando a importância sociocultural das sempre-vivas aliado à sua importância ecológica, torna-se indispensável conhecer como essa espécie interage com a microbiota edáfica, compreendendo principalmente a diversidade de FMA em áreas afetadas e não afetadas por evento de fogo. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a diversidade e a composição das comunidades de FMA na rizosfera da *C. mucugensis* no município de Mucugê, em áreas afetadas e não afetadas pelo fogo. O estudo foi realizado no Parque Nacional da Chapada Diamantina e no Projeto Sempre-Viva, localizados no município de Mucugê. Foram coletadas amostras de solo em 9 áreas: 3 áreas intituladas de controle (AC 01, AC 02 e AC 03), 3 em uma área que passou por fogo em 2015 (AP1, AP2 e AP3) e 3 que passaram por fogo em 2020 (AAF 4, AAF 5 e AAF 6). Os glomerosporos foram extraídos de 50 g de solo usando a técnica de peneiramento úmido, em seguida quantificados e separados por morfotipos e montados em lâminas com PVLG e PVLG e Melzer para análise morfológica e identificação das espécies de FMA. Todas as análises estatísticas e ecológicas foram conduzidas com auxílio do R. Trinta e três espécies de FMA foram identificadas, distribuídas em 14 gêneros e 10 famílias. A família Acaulosporaceae foi a mais representativa com 10 espécies. O menor número de glomerosporos e maior diversidade de FMA foram observada em áreas que passaram por fogo em 2020, indicando efeito do fogo sobre esses parâmetros. A análise PERMANOVA mostrou que a área AAF apresenta a composição da comunidade de FMA distinta das demais áreas, o que pode estar selecionando espécies e ocasionando perda de habitat. Estes resultados inferem que o fogo afeta negativamente a produção de glomerosporos e modifica a comunidade de FMA presentes no solo.

Palavras chaves: Bahia, FMA, Glomeromycota; Queimada.

ABSTRACT

Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) have high ecological importance because they form associations with the roots of most existing plant species. Around 90% of plant species form this type of association, called mycorrhizae. AMF allow greater absorption of nutrients from the soil by expanding the root system of vegetables through their mycelium, providing the host with greater tolerance to biotic and abiotic stresses. *Comanthera mucugensis* is a plant popularly known as evergreen, having high importance for the Mucugê region, in Chapada Diamantina - Bahia. Considering the sociocultural importance of evergreens combined with their ecological importance, it is essential to know how this species interacts with the soil microbiota, mainly comprising the diversity of AMF in areas affected and not affected by fire events. Thus, the objective of this work was to determine the diversity and composition of AMF communities in the rhizosphere of *C. mucugensis* in the municipality of Mucugê, in areas affected and not affected by fire. The study was carried out in the Chapada Diamantina National Park and in the Always-Viva Project, located in the municipality of Mucugê. Soil samples were collected in 9 areas: 3 areas called control (AC 01, AC 02 and AC 03), 3 in an area that went through fire in 2015 (AP1, AP2 and AP3) and 3 that went through fire in 2020 (AAF 4, AAF 5 and AAF 6). Glomerospores were extracted from 50 g of soil using the wet sieving technique, then quantified and separated by morphotypes and mounted on slides with PVLG and PVLG and Melzer for morphological analysis and identification of AMF species. All statistical and ecological analyzes were conducted with the help of R. Thirty-three AMF species were identified, distributed across 14 genera and 10 families. The Acaulosporaceae family was the most representative with 10 species. The lowest number of glomerospores and highest AMF diversity were observed in areas that experienced fire in 2020, indicating the effect of fire on these parameters. The PERMANOVA analysis showed that the AAF area has a different composition of the AMF community from the other areas, which may be selecting species and causing habitat loss. These results infer that fire negatively affects the production of glomerospores and modifies the AMF community present in the soil.

Keywords: Bahia, FMA, Glomeromycota; Burned.

INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas têm se intensificado os estudos sobre o solo, principalmente nos aspectos relacionados aos microrganismos, tendo como destaque os simbioses, tais como os fungos micorrízicos. Estes fungos formam associação simbiótica mutualista com as raízes da maioria das espécies vegetais, sendo a associação denominada de micorriza. Dentre os tipos de associações micorrízicas, a do tipo arbuscular é a mais prevalente nos trópicos, e é formada pelos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e por cerca de 90% das plantas (Brundrett & Tedersoo, 2018). Nessa associação, os fungos auxiliam as plantas na absorção de água e nutrientes, aumentando a área de absorção e aproveitamento do solo através do seu micélio e, em troca, recebem fotossintatos e lipídeos advindos da fotossíntese (Moreira & Siqueira, 2006; Brahmprakash & Sahu, 2012; Keymer et al., 2017).

Os FMA pertencem ao filo Glomeromycota (Wijayarwarda, 2022), e são organismos biotróficos obrigatórios, ou seja, necessitam de um organismo vivo para completar o seu ciclo de vida. Estes fungos fazem associação com raízes de plantas vasculares terrestres, epífitas, aquáticas, bem como com rizóides e talos de briófitas (de Souza et al., 2010). Os estudos com estes fungos têm se intensificado nas últimas décadas, devido a importante papel desempenhado na aquisição de nutrientes para as plantas, principalmente o fósforo (P) (Miranda, 2008; Berbara et al., 2006; Moreira & Siqueira, 2006).

Os FMA beneficiam as plantas direta e indiretamente, pois, além de promover melhor absorção de água e nutrientes, promovem a tolerância a estresses bióticos e abióticos (Córdoba et al., 2002). Estes estresses impostos aos ambientes podem modificar as alterando o seu pH e a disponibilidade de macro e micronutrientes (Spehn et al., 2010) e causar alterações nas interações entre espécies nas assembleias acima e abaixo da superfície do solo, afetando as propriedades estruturais da comunidade como um todo, incluindo sua riqueza, diversidade taxonômica e equitabilidade (Kardol & Wardle, 2010). Neste sentido, é importante compreender o desenvolvimento destas associações nos mais variados contextos, entre eles, os ambientes atingidos por queimadas recorrentes.

Os incêndios recorrentes nas vegetações têm sido considerados uma das grandes ameaças à biodiversidade em áreas de conservação, ocasionando mudanças físicas, químicas e biológicas no ambiente, acarretando impactos sobre o solo, e consequentes mudanças na fauna, flora e funga dos ecossistemas (Miranda et al., 1996).

As recentes queimadas que ocorreram no município de Mucugê, na Chapada

Diamantina na Bahia, tomaram grandes proporções, afetando as Unidades de Conservação da região, incluindo o Projeto Sempre-Viva e o Parque Nacional da Chapada Diamantina, destruindo boa parte da vegetação.

O Projeto Sempre Viva é uma unidade de conservação municipal com uma área de cerca de 540 ha, criado com o objetivo de proteger a vegetação endêmica da região, incluindo as sempre viva.

Já O Parque Nacional da Chapada Diamantina, é uma unidade de conservação federal e possui 152 mil hectares e protege uma parcela da Serra do Sincorá, sendo uma região que contempla ampla diversidade biológica no seu território (MMA, 2021). As condições edafoclimáticas da região da Chapada Diamantina vão refletir na estrutura das comunidades vegetais, formando um mosaico fitofisionômico, propiciando alto grau de endemismo em várias famílias de plantas existentes na região (Gontijo, 2008; Rapini et al., 2008).

A região da Chapada Diamantina é uma porção da cadeia do Espinhaço. Esta região contempla áreas de conservação ambiental que registram a ocorrência de plantas com as características das sempre-vivas, que são plantas cujos escapos e inflorescências conservam a aparência in natura mesmo depois de destacados e secos. A Cadeia do Espinhaço reúne cerca de 70% das espécies de sempre-vivas conhecidas mundialmente e cerca de 80% das espécies que ocorrem no Brasil (Gontijo, 2008). Nesse contexto, uma família de sempre-vivas, a Eriocaulaceae, se destaca por concentrar grande número de seus representantes na área e possuir alto grau de endemismo (Giulietti & Forero, 1990; Rapini et al., 2008), contribuindo de maneira significativa para o funcionamento das comunidades e manutenção da biodiversidade da Cadeia do Espinhaço (Costa et al., 2008).

A população da Cadeia do Espinhaço sofreu com o declínio do ciclo do ouro e do diamante na região da Chapada Diamantina, e parte da população extrativista, migrou do ouro e do diamante para o extrativismo de sempre-vivas, buscando nestas plantas, uma fonte de renda alternativa. Dentre as espécies de sempre-vivas existentes, a *Comanthera mucugensis* (Giul.) L.R. Parra & Giul., popularmente conhecida como sempre-viva de Mucugê, se destaca por manter as características das suas flores in natura por um longo período após a coleta. Essa característica das rosetas atraiu o mercado florístico, ocasionando um extrativismo intenso entre as décadas de 60 e 80, sendo esta espécie destinada a abastecer os mercados ornamentais da Europa e do Japão (Giulietti et al., 1988). Desencadeou-se então, um elevado extrativismo, que resultou em um declínio

populacional, levando a espécie à ameaça de extinção, considerando que suas flores eram coletadas antes da formação e propagação das suas sementes (Cerqueira et al., 2008; Martinelle, 2013). A exploração predatória e desordenada seguiu sem levar em consideração os ciclos de vida das espécies e sem estabelecer um manejo adequado, o que afetou diretamente o estabelecimento e perpetuação das espécies, levando ao risco de extinção (Giulietti & Hensold, 1990; Giulietti et al., 1996; Costa et al., 2008).

Atualmente, os remanescentes de *C. mucugensis* atraem diversos turistas para a região, fomentando renda para a comunidade, com o turismo de base sustentável no Parque Nacional da Chapada Diamantina e no Projeto Sempre-Viva em Mucugê (Figura 1).

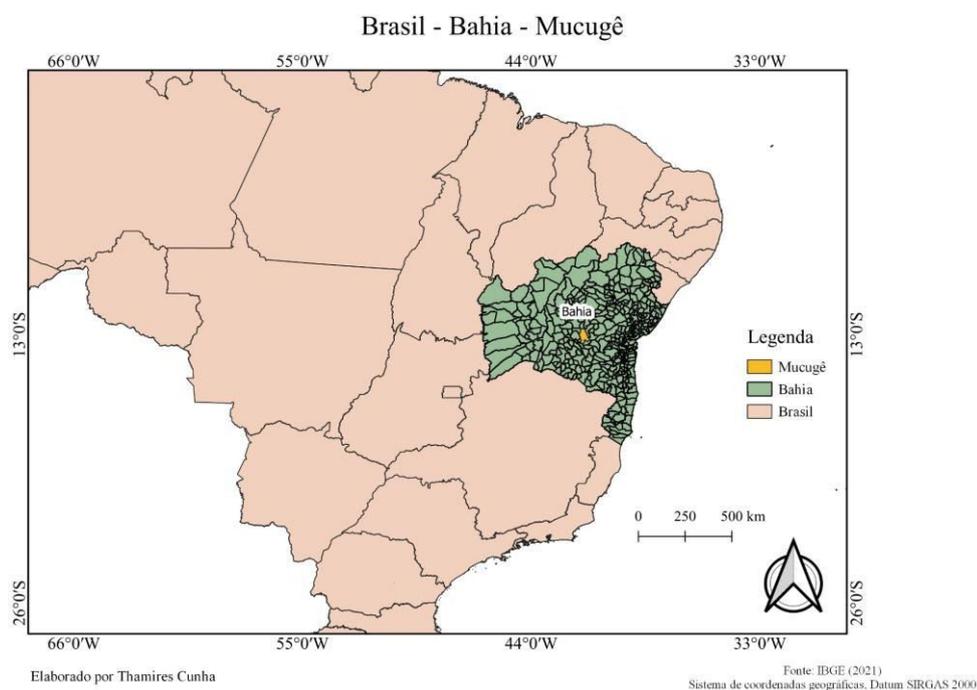


Figura 1: Mapa de identificação do município de Mucugê na Chapada Diamantina - Bahia.

Considerando a elevada importância econômica e cultural que a *C. mucugensis* possui para a região da Chapada Diamantina e, sobretudo para o Projeto Sempre-Viva em Mucugê, assim como as recorrentes queimadas na localidade, este trabalho tem como objetivo determinar a diversidade de FMA na rizosfera da *C. mucugensis* em áreas que passaram pelo fogo, no Parque Nacional da Chapada Diamantina e no Projeto Sempre-Viva, no município de Mucugê, na Chapada Diamantina, Bahia.

A hipótese testada neste trabalho é que a comunidade de FMA na rizosfera das *C. mucugensis* é influenciada pelo fogo, sendo maior diversidade observada nas áreas que passaram por fogo há mais tempo.

1. Origem e evolução dos glomeromicetos e da simbiose micorrízica arbuscular

O ancestral dos fungos provavelmente surgiu por volta de 1200-1400 milhões de anos atrás (Heckman et al., 2001), período muito anterior ao surgimento das plantas terrestres. O registro fóssil mais antigo de esporos semelhantes ao do filo Glomeromycota é datado do segundo período da Era Paleozóica, no Ordoviciano, há cerca de 460 milhões de anos (Redecker et al., 2000a; Strullu-Derrien et al., 2018) (Figura 2). Diferentes estudos apontam que a evolução destes fungos ocorreu a partir de um ancestral comum ao de Ascomycota e Basidiomycota (Schüßler et al., 2001; James et al., 2006).

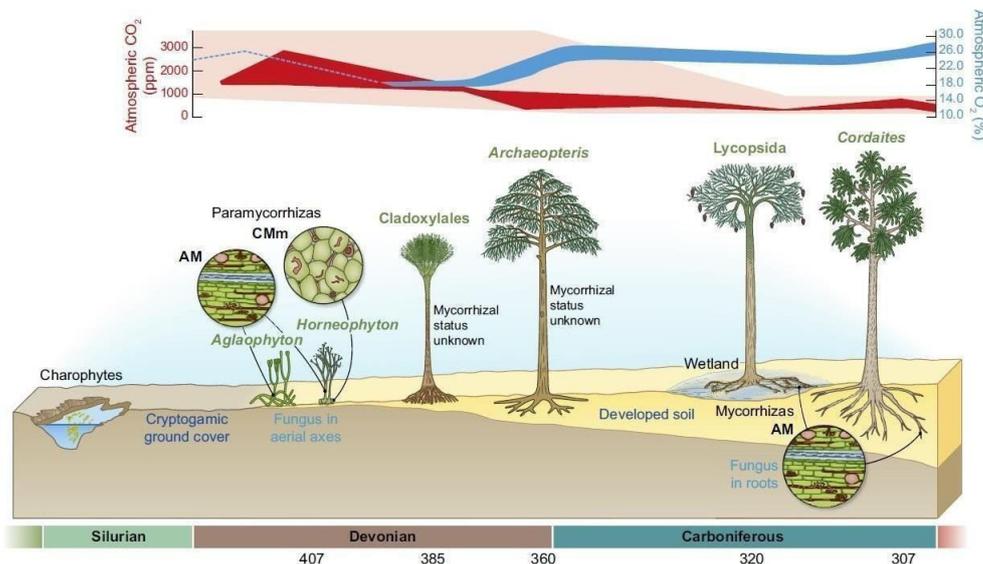


Figura 2: Evolução das simbioses endomicorrízicas durante o Paleozóico, nas primeiras plantas às árvores. Fonte: (Strullu-Derrien et al., 2018).

Analisando os registros fósseis, foi possível inferir que a ontogenia dos esporos, sendo elas: glomoide, acaulosporoide, gigasporoide; assim como a formação da placa (ou escudo) germinativo, são características que já haviam surgido há mais de 400 MAA, sugerindo que a diversificação das famílias basais de FMA conhecidas atualmente, já havia ocorrido antes mesmo do surgimento das plantas vasculares terrestres (de Souza et al., 2010).

A origem da simbiose micorrízica é desconhecida. Entretanto, é sabido que a simbiose é possível graças às hifas intra e extra-radulares que são capazes de absorver elementos minerais do solo e transferi-lo ao ambiente radicular, onde são absorvidos

(Harrison, 1999). A presença de arbúsculos nas plantas antigas indica que a simbiose já ocorria e provavelmente evoluiu em sistemas primitivos. Esta inferência leva à especulação de que a simbiose entre os fungos micorrízicos e as plantas, evoluiu em ambientes úmidos a partir da relação entre fungos e algas e/ou cianobactérias (Brudrett, 2001; Schüßler & Wolf, 2005).

Evidências sobre a presença de simbiose micorrízica arbuscular foram retiradas das raízes de *Aglaophyton major*, uma espécie fossilizada datada de 410-360 MAA (Schüßler et al., 2001; James et al., 2006). Foram verificados nos tecidos da espécie, vesículas e arbúsculos semelhantes aos formados na rizosfera das espécies de plantas atuais (Remy et al., 1994; Taylor et al., 1995). Tais registros ratificam a hipótese de que os Glomeromycota e a simbiose micorrízica foram fundamentais para a colonização do ambiente terrestre pelas plantas (Pyrozynski & Malloch, 1975; Simon et al., 1993). Essa hipótese, ainda é corroborada pela dominância da simbiose micorrízica arbuscular na maioria das famílias de plantas terrestres existentes (Wang & Qui 2006; Smith & Read, 2008). A associação do tipo arbuscular é a mais prevalente, onde 71% das plantas terrestres participam deste tipo de interação (Brundrett & Tederso, 2018).

Levando em consideração o conjunto de evidências existentes até o momento, sugere-se que a simbiose micorrízica arbuscular que ocorre entre as plantas e os FMA é a mais ancestral dentre os tipos de micorrizas conhecidos (Wang & Qui, 2006), tendo possivelmente surgido uma única vez ao longo da evolução das plantas, se mantendo até a atualidade (de Souza et al., 2010).

2. Caracterização do Filo Glomeromycota

Ao todo, existem quatro principais tipos de micorrizas que são separadas por diferenças morfológicas ao colonizar as raízes e localização dessa estrutura: as micorrizas arbusculares (MA) (predominantes), ectomicorrizas (EcM), micorrizas ericóides (ErM) e micorrizas orquidóides (OrM) (Brundrett & Tederso, 2018).

Os FMA, que formam a micorriza do tipo arbuscular, são um grupo monofilético, que pertencem ao Filo Glomeromycota (Wijayawardene et al., 2020), distribuídos em 3 classes, 6 ordens, 16 famílias, 50 gêneros e cerca de 350 espécies descritas (Goto & Jobim, 2021). Esses fungos exercem papel significativo para a funcionalidade e manutenção dos ecossistemas, sendo considerado grupo chave da microbiota do solo em ambientes naturais e em sistemas antropogênicos (Gianinazi et al., 2010).

Fungos deste filo possuem um micélio cenocítico (asseptado), ocorrendo

ocasionalmente à formação de septos em alguns gêneros e para delimitar a formação da estrutura reprodutiva (o glomerosporo) . Seus esporos, chamados de glomerosporos (Goto & Maia, 2006) apresentam-se como os maiores de todo o Reino Fungi, possuindo tamanho que varia de 22 a 1050 μm (de Souza et al., 2010). Os glomerosporos são multinucleados, podendo, a depender da espécie, apresentar milhares de núcleos (Cooke et al., 1987; Becard & Pfeffer, 1993; Pawlowska & Taylor, 2004). A monofilia do grupo é sustentada pelo compartilhamento de uma estrutura comum, denominado arbúsculo, a qual permite a troca de nutrientes entre os simbioses (Morton & Benny, 1990). Até pouco tempo atrás se acreditava que os representantes do grupo eram organismos exclusivamente clonais, contrariando a teoria da evolução, que infere sobre a extinção de organismos que não possuem variabilidade genética, limitando a sua reprodução à clonagem por longos períodos (de Souza, 2007). Porém, evidências sobre processos de recombinação (Gandolfi et al., 2003; Pawlowska & Taylor, 2004; de Souza, 2005) e da presença de elementos móveis, têm sido relatadas em algumas espécies (Gollote et al., 2006).

Para a identificação e classificação taxonômica destes fungos, são analisadas características ontogenéticas, assim como tamanho, cor, forma, tipo e organização das paredes e das suas respectivas camadas, além da presença de reação ao reagente de Melzer.

Os esporos deste filo apresentam organizações diversas nas suas paredes, sendo esta uma característica importante para a taxonomia do grupo. Além disso, mesmo estes esporos sendo formados por uma única célula multinucleada, os fenótipos dos caracteres subcelulares que formam as suas paredes, apresentam elevada variabilidade (de Souza, 2010).

A simbiose existente entre os FMA e as plantas vasculares é essencial para a recuperação de áreas que foram degradadas. O micélio do fungo micorrízico é fundamental para este processo de regeneração, considerando que exerce funções ecológicas importantes, como: ajuda na manutenção da estrutura do solo, serve de alimento para outros organismos, auxilia na dispersão de bactérias, realiza a ciclagem de nutrientes e evita a sua perda (Van Der Heijden & Horton, 2009).

Por serem cosmopolitas, ocorrendo desde desertos a ambientes árticos (Stürmer et al., 2018 1994), os FMA promovem diversos efeitos nas comunidades de plantas e seus respectivos ecossistemas, contribuindo para a manutenção da vegetação local (Tawarayama et al., 2003). Estes fungos não possuem hospedeiros específicos, podendo se associar a

uma grande quantidade de plantas, colonizando geralmente todos os vegetais micotróficos, independente do seu estágio de desenvolvimento ou tamanho (Van Der Heijden & Horton, 2009).

3. Fungos Micorrízicos Arbusculares e o efeito do fogo

Ao longo de décadas, milhares de hectares queimam nos ecossistemas mundiais, acarretando mudanças no armazenamento e ciclagem de nutrientes no solo, bem como a composição e função dos macro e microrganismos nos ecossistemas (Bond-Lambert et al., 2007; Bowman et al., 2009; Pellegrini et al., 2018). Estes eventos físicos estão cada dia mais frequentes, aumentando a sua incidência e intensidade, à medida que climas mais secos favorecem o aparecimento de combustíveis com os fragmentos da vegetação seca (McKenzie et al., 2004; Flannigan et al., 2006; Williamson et al., 2009; Knorr et al., 2016).

A incidência do fogo no solo gera impacto, e a elevação da temperatura global vem modificando as características físicas e químicas do solo, promovendo perturbações significativas (Agbeshie et al., 2022) e causando modificações nas concentrações e na ciclagem dos nutrientes, afetando diretamente a dinâmica dos microrganismos do solo (Chengo et al., 2023).

Egidi et al. (2016), utilizando uma abordagem de metabarcoding de rDNA fúngico (Illumina MiSeq), verificaram que as comunidades fúngicas foram mais influenciadas pela frequência do fogo do que pelo tempo de duração do incêndio. Dooley & Treseder (2012) hipotetizaram que os incêndios mais severos podem provocar maiores mudanças na biomassa fúngica, consumindo mais matéria orgânica acima do solo e resultando em uma maior volatilização de nutrientes (Hatten & Zabowski 2010) quando comparados com queimadas repetidas.

Estudos realizados verificaram que incêndios de maior gravidade podem reduzir mais fortemente a biomassa microbiana (Fioretto et al., 2005; Knelman et al., 2015), a abundância de fungos (Bergner et al., 2004) e a diversidade fúngica (Hewitt et al., 2013).

Longo et al., (2014) observaram que as diferenças nas respostas dos FMA ao fogo podem estar relacionadas à variação nas características do fogo, incluindo a intensidade, duração, tipo de incêndio versus tempo de fogo e tempo de análise após as queimadas. Klopatek et al., (1988) e Neary et al., (1999) afirmam que o fogo pode influenciar as comunidades biológicas diretamente, matando os organismos através do calor e da

combustão e, indiretamente, os eventos de fogo podem alterar o habitat e as fontes de energia, afetando assim as comunidades biológicas do solo (Hart et al., 2005; Neary et al., 1999). Assim, os fungos biotróficos não são apenas afetados diretamente pelo fogo, mas também pelas respostas do seu hospedeiro (Fox et al., 2022). Mesmo quando não ocorrem efeitos diretos na queima dos glomerosporos, o fogo pode exercer uma pressão seletiva sobre os fungos, e essa pressão seletiva pode aumentar mesmo após o incêndio (Hart et al., 2005).

Incêndios com gravidade de moderada a alta, podem ocasionar aumento da hidrofobicidade do solo, afetando indiretamente as comunidades fúngicas presentes no solo (Seaton et al., 2019), através da formação de uma camada hidrorrepelente discreta, paralela à superfície, que pode diminuir a permeabilidade do solo por até dois anos (Imerson et al., 1992).

Em contrapartida, mesmo em ambientes queimados, com elevadas temperaturas e condições aparentemente desfavoráveis, espécies mais resistentes conseguem prosperar, germinando logo após o fogo, o que sugere que estes táxons possuem características de resistência ao fogo ou são estimulados por estes (McMullan-Fisher et al., 2011; Raudabaugh et al., 2020).

Os fungos micorrízicos arbusculares funcionam como um intermediário entre o solo e a vegetação, promovendo uma maior absorção de nutrientes para as plantas, através do micélio fúngico, contribuindo assim para o aumento da produtividade vegetal e estabelecimento nos ecossistemas terrestres (Chengo et al., 2023). O fogo, ao afetar as hifas fúngicas, interfere na qualidade das interações existentes no solo, pois a destruição das hifas pelo combustão funciona como um filtro ecológico para selecionar as espécies mais tolerantes à destruição das hifas (Atunnisa & Ezawa, 2019).

Após estes distúrbios o micélio é prejudicado, mas esporos resistentes ou oriundos de regiões próximas podem formar um banco de esporos, que atuam como fonte de colonização para as plantas futuramente (Glassman et al., 2015). Nestas áreas afetadas, estes propágulos resistentes podem ser um fator determinante na colonização vegetal após os distúrbios (Longo et al., 2014). Sendo assim, a resiliência apresentada por essas comunidades é relevante para os processos de recuperação de ecossistemas perturbados (Perry et al., 1989).

Moura et al. (2022), avaliando os efeitos do fogo nas comunidades de FMA e nas propriedades químicas do solo nas Florestas Chaco Serrano, no centro da Argentina, concluíram que os incêndios exerceram efeitos negativos nas comunidades de FMA, com

a equitabilidade, diversidade e a riqueza das espécies de FMA diminuindo em locais queimados. Esses autores ainda observaram que não houve influência do fogo nas propriedades abióticas do solo, indicando que os efeitos negativos do fogo ocorreram apenas na comunidade fúngica presente no solo.

As comunidades de FMA são influenciadas pela ocorrência de evento de fogo nos ambientes, e observa-se uma menor colonização micorrízica em hospedeiros de áreas que passaram por eventos de fogo (Kivlin et al., 2021). No entanto, a recuperação desses ambientes afetados pelo fogo pode ser favorecida se houver áreas preservadas próximas que não tenham sido afetadas ou que tenham sido poucas afetadas pelo fogo, pois esses ambientes próximos servem como fonte de propágulos para o restabelecimento das comunidades de FMA nas áreas afetadas (Kivlin et al., 2021).

Dove (2017), em um estudo de meta-análise sobre o efeito do fogo nas comunidades fúngicas, verificou que o fogo afeta negativamente as comunidades fúngicas do solo. Os efeitos negativos observados no curto prazo diminuem ao longo do tempo, retornando aos níveis pretéritos aos incêndios, dentro de uma ou duas décadas.

CAPÍTULO ÚNICO

Título: Comunidades de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Sempre-Vivas: Impactos do fogo na diversidade de FMA em *Comanthera mucugensis*.

Autores: Thamires Brito Cunha Bomfim, Pablo Miguel Costa Silva, Danielle Karla Alves da Silva e Bianca Denise Barbosa da Silva.

A ser submetido para: Ecological Research (ISSN: 1440-1703)

Comunidades de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Sempre-Vivas: Impactos do fogo na diversidade de FMA em *Comanthera mucugensis*.

Community of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Evergreens: Fire effects on AMF diversity in *Comanthera mucugensis*.

Thamires Brito Cunha Bomfim¹, Pablo Miguel Costa Silva², Danielle Karla Alves da Silva^{3*}, Bianca Denise Barbosa da Silva¹

1. Programa de Pós-Graduação em Sistemática e Evolução, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Jeremoabo, 668, Ondina, Salvador, BA 40170-115, Bahia; tbcunha@outlook.com; bianca.denise@ufba.br

2. Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Jeremoabo, 668, Ondina, Salvador, BA 40170-115, Bahia; pablosilva@ufba.br

3. Departamento de Micologia, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Av. da Engenharia, s/n, Cidade Universitária, Recife, PE 50740-600, Brazil; daniellekarlas@yahoo.com.br

* Correspondente: daniellekarlas@yahoo.com.br

RESUMO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) formam simbiose mutualista com a maioria das plantas, proporcionando melhorias na absorção de água e nutrientes, recebendo em troca, fotossintatos e lipídeos. Dessa forma, os FMA são decisivos para o desenvolvimento das plantas em áreas que sofrem perturbação, como impacto pelo fogo. Considerando que a *Comanthera mucugensis* é uma espécie de planta economicamente importante para a região e endêmica de Mucugê, Chapada Diamantina - Bahia, este trabalho objetivou determinar a influência do fogo sobre a comunidade de FMA associada à *C. mucugensis*. Coletas de solo foram realizadas na rizosfera da *C. mucugensis*, na profundidade de 0-20 cm, em três áreas controle (AC), três áreas que passaram pelo fogo em 2015 (AAF) e três áreas que passaram pelo fogo em 2020 (AP). Trinta e três espécies de FMA foram identificadas, distribuídas em 14 gêneros e 10 famílias. A família Acaulosporaceae foi a mais representativa com 10 espécies. O menor número de glomerosporos e maior diversidade de FMA foi observada em AAF, indicando efeito do fogo sobre esses parâmetros. A análise PERMANOVA mostrou que a área AAF

apresenta a composição da comunidade de FMA distinta das demais áreas, o que pode estar selecionando espécies e ocasionando perda de habitat. Estes resultados inferem que o fogo afeta negativamente a produção de glomerosporos e modifica a comunidade de FMA.

INTRODUÇÃO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são organismos biotróficos obrigatórios, ou seja, necessitam de um organismo vivo para completar o seu ciclo de vida (de Souza et al., 2010). Esses fungos formam as associações do tipo "micorriza arbuscular" e pertencem ao Filo Glomeromycota (Wijayawardene et al., 2020), distribuídos em três classes, seis ordens, 16 famílias, 50 gêneros e cerca de 350 espécies descritas (Goto & Jobim, 2021). Os FMA exercem papel significativo para o desenvolvimento e manutenção dos ecossistemas, sendo considerado grupo chave da microbiota do solo (Gianninazi et al., 2010).

Os FMA beneficiam as plantas promovendo melhor absorção de água e nutrientes, visto que aumentam a região de contato das raízes com o solo, além de elevar e tolerância a estresses bióticos e abióticos (Córdoba et al., 2002). Estresses químicos e físicos impostos aos ambientes podem modificar as condições do solo (Spehn et al., 2010) e causar alterações nas interações entre espécies nas assembleias acima e abaixo da superfície, afetando as propriedades estruturais da comunidade como um todo, incluindo sua riqueza, diversidade taxonômica, equitabilidade e estabilidade (Kardol & Wardle, 2010). Neste sentido, é importante compreender o desenvolvimento destas associações nos mais variados contextos, entre eles, os ambientes atingidos por queimadas.

Os incêndios recorrentes nas vegetações têm sido considerados em estudos científicos, como sendo uma das fortes ameaças à biodiversidade de áreas protegidas, trazendo como resultado, mudanças físicas, químicas e biológicas no ambiente, acarretando impactos sobre o solo, e consequentes mudanças na flora, fauna e funga da região (Miranda et al., 1996). Além disso, acarreta mudanças no armazenamento e ciclagem de nutrientes no solo, bem como a composição e função dos macro e microrganismos nos ecossistemas (Bond-Lambert et al., 2007; Bowman et al., 2009; Pellegrini et al., 2018).

Visto todos estes impactos, é importante que consigamos compreender como o fogo afeta a microbiota do solo, entre eles, os fungos micorrízicos arbusculares.

Estudos utilizando metabarcoding de rDNA fúngico (Illumina MiSeq), verificaram que as

comunidades fúngicas foram mais influenciadas pela frequência do fogo (Egidi et al., 2016). Fioretto et al. (2005) observaram que incêndios de maior gravidade podem reduzir a biomassa microbiana. Bergner et al. (2004) observaram a influência do fogo sobre a abundância dos fungos no solo, havendo também, impactos sobre a diversidade fúngica (Hewitt et al., 2013).

Klopatek et al. (1988) e Neary et al. (1999) afirmam que o fogo pode influenciar as comunidades biológicas diretamente, matando os organismos através do calor e da combustão e, indiretamente, alterando o habitat e as fontes de energia, afetando assim as comunidades biológicas do solo (Hart et al., 2005; Neary et al., 1999). Assim sendo, se conclui que os fungos biotróficos não são afetados apenas diretamente pelo fogo, mas também pelas respostas e efeitos sobre os seus hospedeiros (Fox et al., 2022).

Os incêndios podem aumentar a hidrofobicidade do solo, o que afeta de forma indireta as comunidades fúngicas (Seaton et al., 2019), visto que forma uma camada hidrorrepelente na superfície, diminuindo a permeabilidade do solo por até dois anos.

Em contrapartida, mesmo em ambientes queimados, com elevadas temperaturas e condições aparentemente desfavoráveis, alguns fungos conseguem prosperar, germinando logo após o fogo, o que sugere que estes táxons possuem características de resistência ao fogo ou são estimulados por estes (McMullan-Fisher et al., 2011; Raudabaugh et al., 2020).

Após distúrbios, os micélios ficam inviáveis. Áreas adjacentes as queimadas ou esporos de resistência da própria localidade do fogo, podem formar um banco de esporos que poderão atuar como fonte de colonização as plantas futuramente. Sendo assim, a resiliência que essas comunidades possuem, é relevante para os processos de recuperação de ecossistemas perturbados (Perry et al., 1989).

Moura et al. (2022), avaliaram os efeitos do fogo nas comunidades de FMA e nas propriedades químicas do solo nas Florestas Chaco Serrano, no centro da Argentina. Esta pesquisa concluiu que os incêndios exerceram efeitos negativos nas comunidades de FMA, afetando a sua equitabilidade, diversidade e a riqueza tendo estas variáveis diminuídas em locais queimados. Foi-se observando ainda que não houveram influências do fogo nas propriedades abióticas do solo, indicando que os efeitos negativos do fogo ocorreram apenas na comunidade fúngica presente no solo.

As recentes queimadas que ocorreram no Município de Mucugê, na Chapada Diamantina, tomaram grandes proporções, afetando as Unidades de Conservação Federal da região, assim como o projeto Sempre-Viva, área de proteção de espécies endêmicas da

região, destruindo boa parte da vegetação. Dentre as espécies que ocorrem na região, destaca-se a *Comanthera mucugensis* (Giul.) L.R. Parra & Giul., espécie de planta denominada popularmente de sempre-vivas por permanecem com a mesma cor e forma por muito tempo após os seus escapos e capítulos serem destacados das plantas, sendo também intituladas como um complexo de espécies (Giulietti, 1996; Giulietti & Hensold, 1990).

A *Comanthera mucugensis* é economicamente importante por constituir-se como fonte de renda para diversas famílias da região da Chapada Diamantina. Devido a sua característica ornamental, ocorreu uma elevada exploração destas plantas para a confecção de diversos ornamentos, como por exemplo, os buquês. Esta exploração de forma desordenada trouxe consequências para o desenvolvimento das plantas, o que ocasionou ameaça de extinção das espécies desse complexo. Atualmente, os remanescentes de *C. mucugensis* atraem diversos turistas para a região, fomentando renda para a comunidade, com o turismo de base sustentável nos Parques da região da Chapada Diamantina.

Considerando a elevada importância econômica e cultural que a *C. mucugensis* possui para a região da Chapada Diamantina e, sobretudo para o Projeto Sempre-Viva na região de Mucugê, é importante conhecer os fatores que afetam a ocorrência dos FMA associados à rizosfera da *C. mucugensis*. Considerando que a área de ocorrência natural dessa espécie é sujeita a queimadas recorrentes, objetivou-se determinar a influência do fogo na estrutura e composição da comunidade de FMA associada à *C. mucugensis*.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

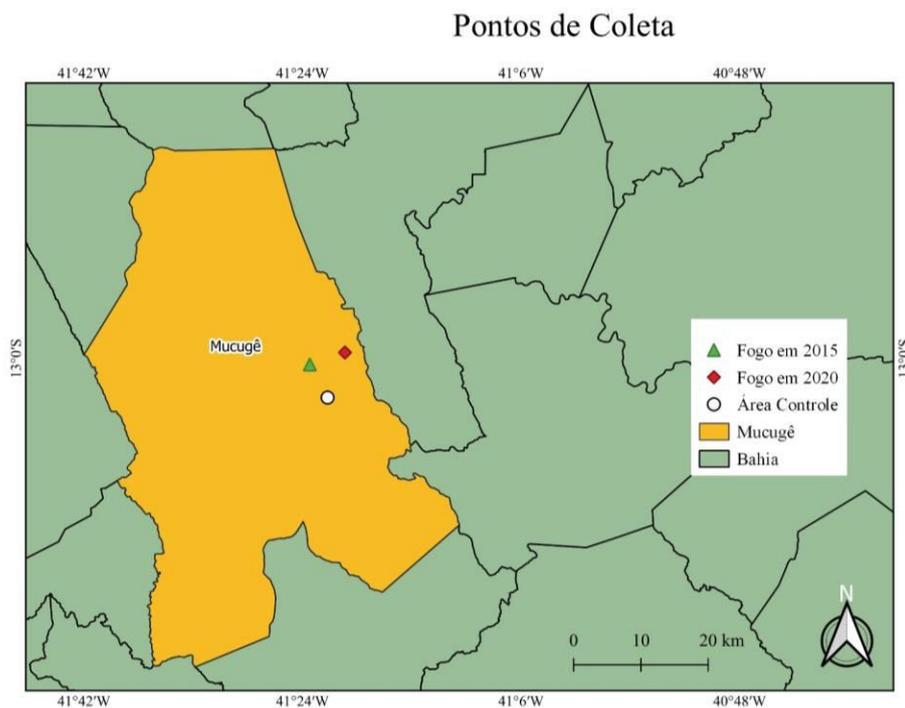
O estudo foi realizado no município de Mucugê, na Chapada Diamantina – Bahia. O clima da região é semiúmido, com temperatura média anual de cerca de 19,8° C. A pluviosidade da região é condicionada pelo relevo, os maiores índices pluviométricos ocorrem na região da serra do Sincorá, atingindo média de 1600 mm ao ano (Vale et al., 2007). O campo rupestre é a vegetação predominante na área, destacando-se por apresentar grande número de espécies endêmicas, sendo assim um importante centro de diversidade da flora brasileira (Harley & Simmons, 1986).

O município de Mucugê é circundado por encostas rochosas areníticas, com lentes conglomeráticas de idade do Proterozóico Médio, altamente desgastadas, originando

solos rochosos e ácidos (Harley & Simmons 1986).

As amostras de solo foram coletadas em abril de 2022 em nove áreas: três áreas controle (AC) que nunca passaram pelo fogo, três áreas que passaram pelo fogo em 2015 (AP 2015) e três áreas que passaram pelo fogo em 2020 (AAF 2020) (Tabela 1, Figura 1), subdivididas em: AC1, AC2, AC3; AP1, AP2, AP3 e AAF1, AAF2, AAF3. No total, foram coletadas seis amostras de solo simples na rizosfera da *Comanthera mucugensis* (Tabela 1) de cada subárea, na profundidade de 0-20 cm, com 18 amostras em cada área e 54 amostras totais na coleta.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos etiquetados e encaminhadas ao Laboratório de Sistemática de Fungos da Universidade Federal da Bahia (UFBA), mantidos em temperatura ambiente até o processamento das amostras. Parte da amostra foi utilizada para extração dos glomerosporos, outra parte destinada para a montagem das culturas armadilhas.



Elaborado por Thamires Cunha

Fonte: IBGE (2021)
Sistema de coordenadas geográficas, Datum SIRGAS 2000

Figura 1: Localização das áreas de coleta do solo em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023.

Tabela 1: Coordenadas geográficas dos pontos de coleta do solo em áreas de

Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023.

Área	Ano do fogo	Latitude	Longitude	Elevação
AP1	2015	S 13° 00' 29.2"	HO 41°23'23.5"	985 m
AP2	2015	S 13° 00' 40.2"	HO 41° 23' 30.5"	984 m
AP3	2015	S 12° 59'50.7"	HO 41° 23' 41.6"	987 m
AAF1	2020	S 12° 59' 29.6"	HO 41° 20'29.9"	950 m
AAF2	2020	S 12° 59' 29,6"	HO 41° 20' 24.2"	951 m
AAF3	2020	S 12° 59' 28.4"	HO 41° 20' 12.7"	967 m
AC01	Controle	S 13° 03' 13.6"	HO 41° 21' 55.8"	1171 m
AC02	Controle	S 13° 03' 11.0"	HO 41° 22' 01.3"	1174 m
AC03	Controle	S 13° 03' 20.5"	HO 41° 22' 01.3"	1177 m

Extração e identificação dos glomerosporos

Os glomerosporos foram extraídos de 50 g de solo utilizando a técnica de peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963) seguido por centrifugação em água e sacarose (Jenkins, 1964) e quantificado em placa de petri com auxílio de microscópio estereomicroscópio (40x). Após a quantificação, os glomerosporos foram separados por morfotipos e montados em lâminas com PVLG (álcool- polivinílico em lactoglicerol) e PVLG + reagente de Melzer (1:1 v/v) para identificação morfológica das espécies de FMA, com base em Schenck & Pérez (1990), Blaszkowski (2012) e descrições mais recentes, adotando a classificação de Oehl et al. (2011) e Wijayawardene et al., (2020).

Análises estatísticas

Foram determinados o número de glomerosporos, riqueza de FMA, índices de diversidade de Shannon e abundância relativa das espécies. Análises de variância (ANOVA) foram utilizadas para determinar se riqueza, diversidade de FMA e número de glomerosporos variam entre as áreas; quando detectadas diferenças significativas, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para testar a relação das espécies de

FMA com as áreas foi utilizada a análise de espécie indicadora (Dufrene; Legendre, 1997). A análise de espécie indicadora foi realizada utilizando a função `multipatt` do pacote `indicspecies` (De Cáceres, 2020), a significância dos valores de indicação (`IndVal`) foi determinada pelo teste de monte carlo com 1,000 permutações, e as espécies foram consideradas indicadoras quando $p < 0,05$ e `IndVal` $> 25\%$. As curvas de acumulação de espécies foram feitas utilizando o pacote `iNEXT` (Hsieh et al., 2022).

Os dados de abundância relativa das comunidades de FMA foram usados para determinar a análise de permutação multivariada (PERMANOVA), com base na distância de Bray-Curtis e 1,000 permutações. A PERMANOVA foi aplicada para testar se há diferença na composição entre as comunidades de FMA na rizosfera das *C. mucugensis* em áreas sujeitas ou não ao fogo. Todas as análises estatísticas e ecológicas foram conduzidas com auxílio do R (R CORE TEAM, 2017).

RESULTADOS

Ao todo, 31.404 glomerosporos foram analisados, distribuídos em 33 táxons de FMA, pertencentes a 10 famílias (Acaulosporaceae, Ambisporaceae, Dentiscutataceae, Diversisporaceae, Entrophosporaceae, Intraornatosporaceae, Gigasporaceae, Glomeraceae, Racocetraceae e Scutellosporaceae) e 14 gêneros: *Acaulospora* (12), *Glomus* (5), *Scutellospora* (3), *Cetraspora* (2), *Gigaspora* (2), *Ambispora* (1), *Fuscutata* (1), *Dentiscutata* (1), *Diversispora* (1), *Entrophospora* (1), *Paradentiscutata* (1), *Rhizoglomus* (1), *Racocetra* (1) e *Bulbospora* (1) (Tabela 1). Deste total de táxons, 14 não foram identificadas a nível específico, pois não apresentavam as características distintivas para a identificação das espécies ou quando os táxons são possíveis espécies novas, como é o caso de *Scutellospora* sp. e *Acaulospora* sp. 1.

O menor número de glomerosporos foi observado na área que passou pelo fogo em 2020 (AAF) quando comparada às áreas controle (AC) e a que passou por eventos de fogo em 2015 (AP) ($p < 0,05$; $F = 16,9$) (Figura 2).

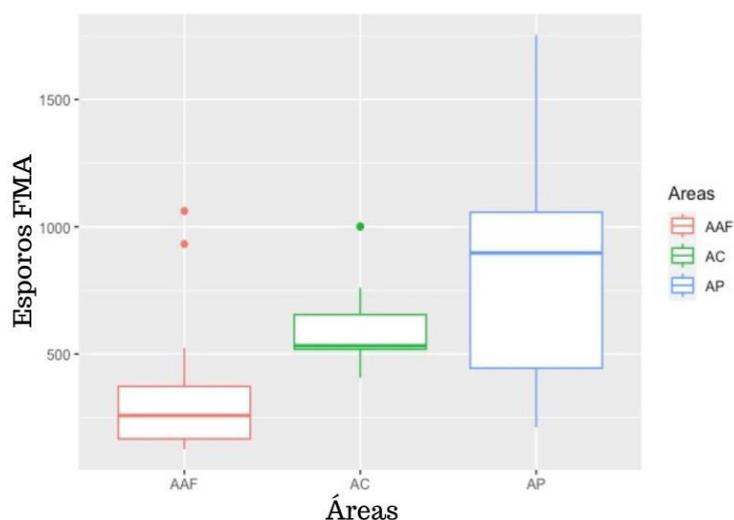


Figura 2: Número de glomerosporos em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP=área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF=área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.

Os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* foram os mais representativos em número de espécies, com 12 e 5 espécies, respectivamente. Onze espécies foram compartilhadas entre as três áreas: *Acaulospora morrowiae*, *Acaulospora capsicula*, *Acaulospora* sp.2, *Acaulospora mellea*, *Gigaspora gigantea*, *Glomus macrocarpum*, *Glomus brohultii*, *Glomus* sp.1, *Glomus* sp.2, *Scutellospora* sp. e *Scutellospora spinosissima*. *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora* sp.3, *Acaulospora* sp.4, *Cetranspora* sp.1, *Diversispora aurantia* e *Dentiscutata* sp. foram exclusivas da área AAF; enquanto que, *Acaulospora colombiana*, *Acaulospora* sp.1, *Entrophospora etunicata*, *Fuscutata aurea*, *Glomus* sp.3 e *Racocetra fulgida* foram exclusivas da área AC (Figura 3, Tabela 2). A área AP apresentou três espécies exclusivas: *Acaulospora foveata*, *Bulbospora minima* e *Paradentiscutata bahiana* (Tabela 2, Figura 3).

Tabela 2: Abundância relativa das espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.

Espécies de FMA	AC	AP	AAF
Acaulosporaceae			
<i>Acaulospora capsicula</i> Blaszki	0,007	0,079	0,159

Espécies de FMA	AC	AP	AAF
<i>Acaulospora colombiana</i> Spain & N.C. Schenck (Kaonongbua, J.B.)	0,013	0,000	0,000
<i>Acaulospora</i> sp. 1	0,007	0,000	0,000
<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos	0,000	0,013	0,000
<i>Acaulospora lacunosa</i> J.B. Morton	0,020	0,298	0,000
<i>Acaulospora mellea</i> Spain & N.C. Schenc	0,060	0,079	0,020
<i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & N.C. Schenck	0,099	0,126	0,007
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	0,000	0,000	0,020
<i>Acaulospora</i> sp. 2	0,391	0,801	0,490
<i>Acaulospora</i> sp. 3	0,000	0,000	0,007
<i>Acaulospora</i> sp. 4	0,000	0,000	0,007
<i>Acaulospora</i> sp. 5	0,291	0,007	0,000
Ambisporaceae			
<i>Ambispora appendicula</i> (Spain, Sieverd. & N.C. Schenck) C. Walker	0,007	0,000	0,053
Dentiscutataceae			
<i>Fuscutata aurea</i> Oehl, C.M. Mello & G.A. Silva	0,007	0,000	0,000
<i>Dentiscutata</i> sp.	0,000	0,000	0,013
Diversisporaceae			
<i>Diversispora aurantia</i> (Błaszk., Blanke, Renker & Buscot) C. Walker & A. Schüßler	0,000	0,000	0,013
Entrophosporaceae			
<i>Entrophospora etunicata</i> (W.N. Becker and Gerd.) Błaszk., Niezgoda, B.T. Goto, and Magurno,	0,007	0,000	0,000

Espécies de FMA	AC	AP	AAF
Intraornatosporaceae			
<i>Paradentiscutata bahiana</i> Oehl, Magna, B.T. Goto & G.A. Silva	0,000	0,040	0,000
Gigasporaceae			
<i>Gigaspora gigantea</i> (T.H.Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe	0,007	0,007	0,079
<i>Gigaspora</i> sp.	0,007	0,000	0,007
Glomeraceae			
<i>Glomus brohultii</i> Sieverd. & Herrera	7,596	14,648	4,755
<i>Glomus macrocarpum</i> Tul. & C.Tul.	8,403	5,457	4,894
<i>Glomus</i> sp. 1	12,946	19,283	13,860
<i>Glomus</i> sp. 2	0,629	0,152	1,119
<i>Glomus</i> sp. 3	0,013	0,000	0,000
<i>Rhizoglomus aggregatum</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) Sieverd., G.A. Silva & Oehl	0,113	0,000	0,060
Racocetraceae			
<i>Cetraspora</i> sp.1	0,000	0,000	0,007
<i>Cetraspora</i> sp. 2	0,000	0,013	0,272
<i>Racocetra fulgida</i> (Koske & C.Walker) Oehl	0,053	0,000	0,000
Scutellosporaceae			
<i>Bulbospora minima</i> Oehl, Marinho, B.T. Goto & G.A. Silva	0,000	0,013	0,000
<i>Scutellospora calospora</i> (T.H.Nicolson & Gerd.) C.Walker & F.E.Sanders	0,040	0,007	0,000

Espécies de FMA	AC	AP	AAF
<i>Scutellospora</i> sp.	0,026	0,867	0,007

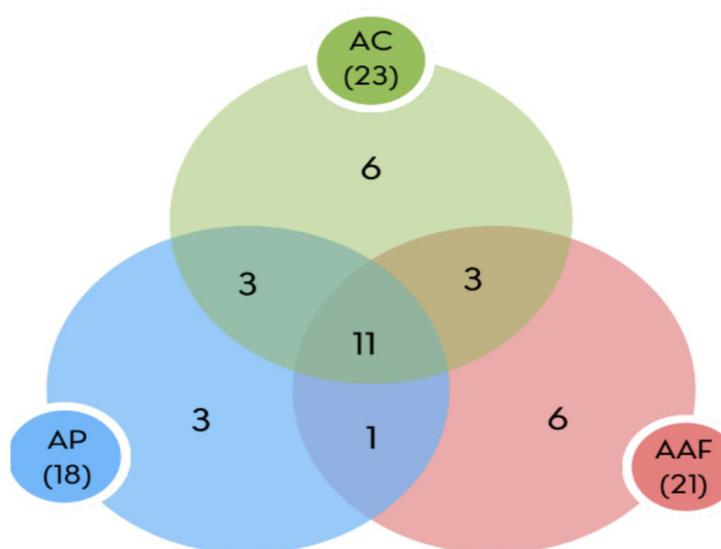


Figura 3: Diagramas de Venn em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.

A diversidade de Shannon difere entre as áreas, sendo maior diversidade na área AAF quando comparada à área AC ($p < 0,05$; $F = 4,603$), não diferindo entre as demais áreas (Figura 4). A riqueza de espécies de FMA variou de 18 a 23 espécies, não apresentando diferença significativa entre as áreas ($p > 0,05$; $F = 1,746$) (Figura 5).

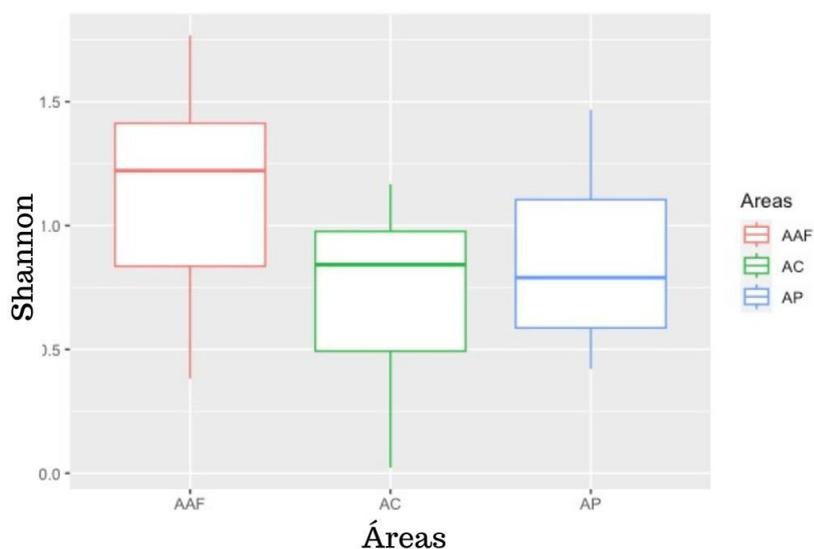


Figura 4: Diversidade de Shannon baseada na comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.

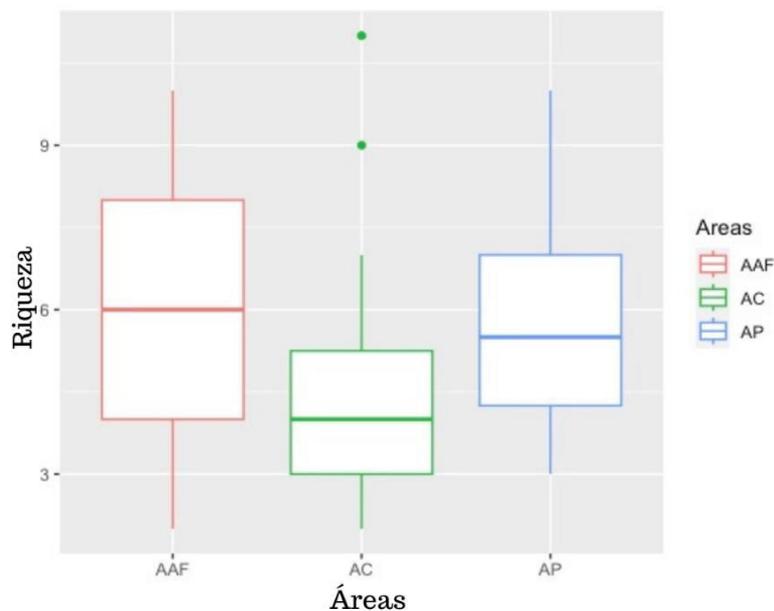


Figura 5: Riqueza de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.

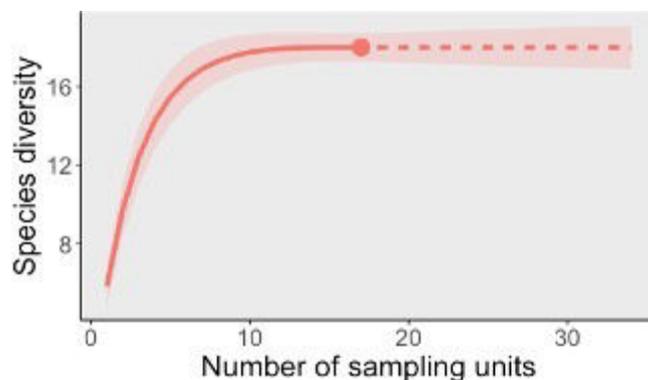
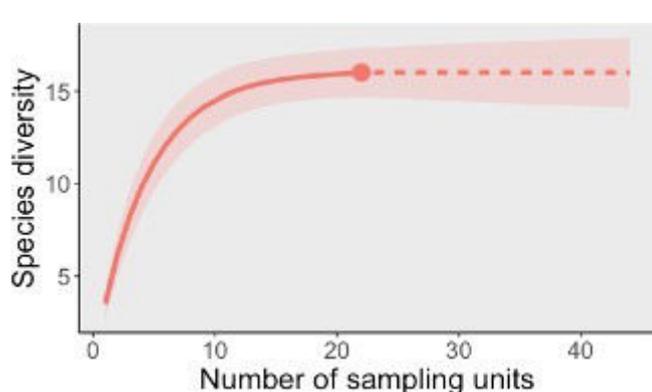
A análise de espécie indicadora selecionou seis espécies indicadoras nas áreas estudadas: *Scutellospora calospora* foi indicadora da área AC, *Scutellospora* sp. e *Acaulospora lacunosa* da área AP, *Cetraspora* sp.2 e *Ambispora appendicula* foram indicadoras da área AAF. *Scutellospora spinosissima* foi selecionada como indicadora das áreas AC e AAF (Tabela 3).

Tabela 3: Espécie indicadora de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em áreas de Caatinga que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre- Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.

Espécies	Grupo	Valor de Indicação	P
<i>Acaulospora lacunosa</i>	AP	0,508	0,029
<i>Ambispora appendicula</i>	AAF	0,456	0,031
<i>Cetraspora</i> sp. 2	AAF	0,581	0,002
<i>Scutellospora calospora</i>	AC	0,404	0,046
<i>Scutellospora spinosissima</i>	AC + AAF	0,821	0,002
<i>Scutellospora</i> sp.	AP	0,693	0,002

A curva de acumulação de espécies de FMA para as áreas mostrou que não atingiu o ponto de estabilização (Figura 6), de acordo com a extrapolação mais unidades amostrais seriam necessárias para representar toda a riqueza de FMA nessas áreas (Figura 5). O estimador de riqueza de Jackknife 1 estimou uma riqueza de 23 espécies para a área de AP, 35 espécies para a área AC e 28 espécies para a área de AAF; assim, foi possível recuperar 65, 75 e 78% da riqueza estimada para as áreas AC, AAF e AP, respectivamente.

A análise de permutação multivariada (PERMANOVA) com os dados das comunidades de FMA diferiram entre as áreas de estudo ($F=3,2915$; $p<0.01$) (Figura 7); as comunidades de FMA da área AAF diferiu das comunidades de FMA presentes nas áreas AC ($F=4,2445$; $P<0,05$) e AP ($F=4,7305$; $P<0,05$) (Figura 6).



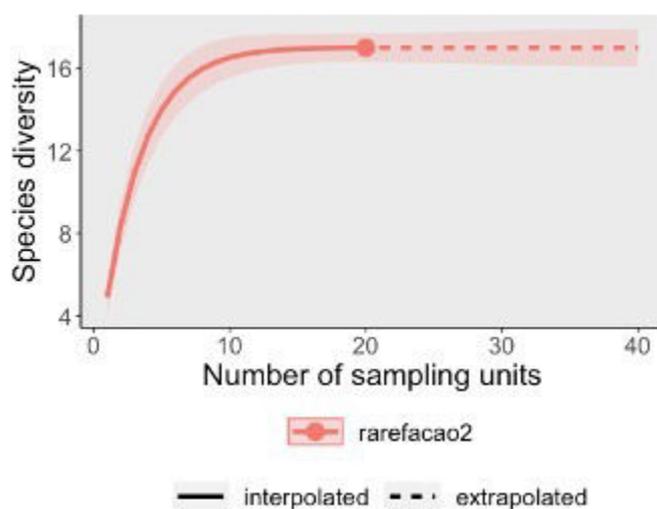


Figura 6: Curva de acumulação de espécies de FMA em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA. Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.

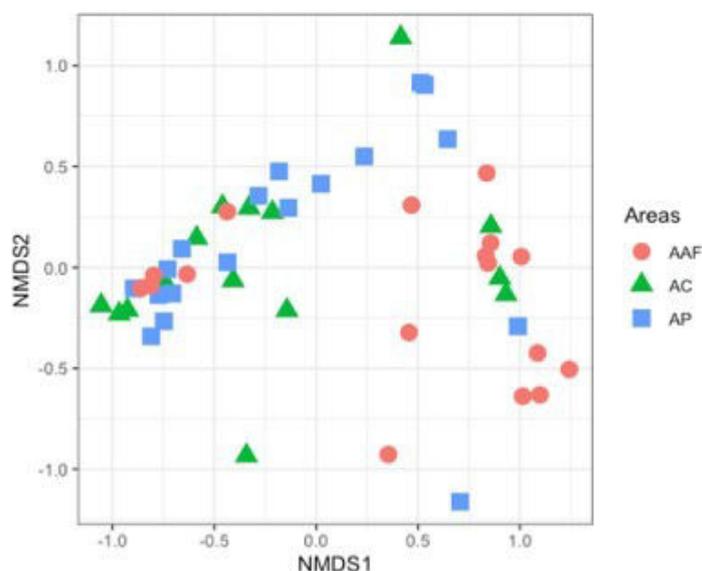


Figura 7: Análise de escalonamento multidimensional não-métrica (NMDS) baseado nos dados de abundância das comunidades de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em áreas de Cerrado que passaram ou não por eventos de fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina e Projeto Sempre-Viva, Mucugê-BA (stress=0,09). Fonte: A autora, 2023. AC = área natural de Cerrado, que nunca passou pelo fogo, AP = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2015 e AAF = área de Cerrado que passou pelo fogo em 2020.

DISCUSSÃO

O fogo afeta negativamente as comunidades fúngicas no solo, e tais efeitos negativos de curto prazo, diminuem rapidamente ao longo do tempo, retornando aos

padrões pré-fogo dentro de uma ou duas décadas (Dove & Hart, 2017). Os resultados encontrados neste estudo inferem que houveram modificações no número de glomerosporos entre as áreas estudadas, apresentando um menor número nas áreas que passaram por fogo recentemente (AAF), aumentando este quantitativo ao longo do tempo.

A variação observada no quantitativo de esporos entre as áreas estudadas pode estar relacionada a múltiplos fatores, como a presença de plantas vivas, onde os FMA podem ser protegidos do fogo e persistirem nas raízes das plantas (Hughes et al., 2020). Esses táxons de FMA associados às plantas sobreviventes, podem ter sobrevivido nas raízes ou colonizado a partir de uma rede micorrízica comum circundante ou de esporos tolerantes ao fogo. Além disso, áreas próximas não perturbadas, podem atuar como um fonte inóculo, permitindo a recolonização após os incêndios, onde são produzidos propágulos que conseguem persistir no banco de esporos (Glassman et al., 2015, Kivlin et al., 2021).

A riqueza de espécies de FMA não foi afetada pelo episódio de fogo; no entanto, a diversidade foi afetada, sendo maior na área que passou pelo fogo mais recentemente (AAF). Essa fato pode estar relacionado que em AAF houve menor produção de glomerosporos, o que pode ter contribuído para uma maior diversidade, considerando que o índice de Shannon leva em consideração a riqueza e a equitabilidade, a menor produção de glomerosporos também se traduziu em uma maior equitabilidade e menor dominância, o que afeta diretamente o índice de diversidade. Por outro lado, Longo et al. (2014) encontraram resultados diferentes e observaram que a diversidade, riqueza e equitabilidade de esporos de FMA foram significativamente maiores em locais que não passaram por episódios de fogo. Os eventos de incêndio tiveram efeitos negativos diretos nas comunidades de esporos de FMA nas Florestas do Chaco, no centro da Argentina, à medida que a equitabilidade, a diversidade e a riqueza dos esporos de FMA diminuíram nos locais queimados.

Os eventos de fogo em áreas florestais podem impactar o solo devido à elevada temperatura que atingem, promovendo mudanças significativas nas características físicas e químicas do solo (Agbeshie et al., 2022). Essas mudanças ocasionam alterações na dinâmica da ciclagem de nutrientes e afetam diretamente as comunidades microbianas edáficas. De acordo com Chengo et al. (2023), em um estudo sobre a diversidade de FMA em diferentes intensidades de fogo (leve, moderada e forte), observaram que a diversidade de FMA diminui significativamente em comparação com aqueles da floresta

controle ($p < 0,05$). A diversidade de FMA variou em diferentes intensidades de fogo, afetando tanto a estrutura da comunidade quanto a diversidade dos fungos no solo, evidenciando que o fogo reduz significativamente a diversidade alfa e beta dos FMA em florestas de clima frio.

O fogo pode ter efeitos indiretos ou diretos nas comunidades de FMA, pois afeta a composição da comunidade vegetal, a temperatura do solo e o potencial hídrico (Gibson & Hetrick 1988). Os efeitos diretos incluem principalmente a redução ou eliminação da biomassa acima e abaixo do solo, a perda de matéria orgânica e o aumento da temperatura e da deposição de cinzas no solo (Busse & DeBano, 2005). Moura et al. (2022) afirmam que a composição e diversidade dos fungos micorrízicos arbusculares foram influenciadas pelo pH do solo e outros nutrientes em áreas de Cerrado.

Durante os eventos de fogo temperaturas acima de 65° C são comumente alcançadas nas camadas superficiais do solo (Neary et al., 1999). Essas altas temperaturas por períodos de tempo superior a 5 min, podem desnaturar completamente até os propágulos mais resistentes ao calor (Peay et al., 2009), mesmo sendo os esporos, estruturas de resistência que apresentam certa tolerância ao calor (Izzo et al., 2006).

Entre os efeitos indiretos do fogo, pode haver a alteração da disponibilidade de nutrientes do solo, que podem refletir na diminuição do número de propágulos infectivos de FMA (Allen et al., 1984). Os incêndios resultam frequentemente num enriquecimento a curto prazo de P disponível, porque a queima impulsiona a conversão de P orgânico do solo em ortofosfato (Serrasolsas & Khanna, 1995; Cade-Menun et al., 2000). Este aumento da biodisponibilidade de P pode influenciar a ocorrência dos fungos micorrízicos arbusculares, considerando o papel que esses fungos desempenham na absorção e, conseqüentemente, translocação desse nutriente para as plantas hospedeiras (Whiteside et al., 2019). A formação da simbiose pode ser inibida quando há uma maior quantidade de P disponível para as plantas (Treseder, 2004), e isso pode explicar o menor número de glomerosporos encontrados em áreas que passaram por fogo recentemente tais como em AAF.

Acaulospora e *Glomus* foram os gêneros mais representativos neste estudo, o que foi observado em diversos trabalhos realizados em áreas de Cerrado (Calaça & Bustamante, 2022, Vieira et al., 2019a). Segundo a teoria CSR de Grime (1970), os organismos podem ser classificados em competidores (C), estresse tolerantes (S) e ruderais (R) baseados nas características de história de vidas das espécies. As espécies da família Acaulosporaceae apresentam micélio de longa duração e baixa taxa de

crescimento, sendo consideradas tolerantes ao estresse, ocorrendo em locais com baixo teor de P e alta acidez do solo (Chagnon et al., 2013); enquanto, espécies da família Glomeraceae apresentam alta taxa de crescimento, alta taxa reprodutiva, reparo eficiente das hifas e com alta capacidade de colonização, sendo consideradas ruderais (Chagnon et al., 2013).

A ocorrência de *Acaulospora* e *Glomus* pode estar relacionada aos princípios da conservação biológica, com espécies que apresentam nicho amplo apresentando alta capacidade de se manter em ambientes adversos; enquanto, espécies com nichos estreitos apresentam maior risco de desaparecerem sob condições de estresse (Boulangeat et al., 2012; Evans et al., 2005). Dentre as espécies de FMA, aqueles que necessitam de um período mais longo para crescer, são menos competitivas ou extinguem-se após as perturbações do solo (Schnoor et al., 2011). Por outro lado, Garcia et al. (2018) inferem que as perturbações antrópicas nem sempre afetam negativamente a diversidade dos FMA, pois, em locais onde a diversidade natural era baixa, a perturbação aumentou a diversidade.

Moura et al. (2022) demonstraram que o fogo altera a composição das espécies de FMA em áreas que passaram por eventos de fogo, promovendo a dominância de algumas espécies. Nesse sentido, observamos variações na abundância relativa das espécies de FMA entre as áreas: *Acaulospora capsicula*, *Gigaspora gigantea*, *Scutellospora spinosissima* e *Glomus sp.2* apresentaram maior abundância relativa na área AAF, *Acaulospora mellea*, *A. morrowiae*, *Acaulospora sp.2*, *Glomus brohultii*, *Glomus sp.1* e *Scutellospora* apresentaram maior abundância relativa na área AAF, *Acaulospora mellea*, *A. morrowiae*, *Acaulospora sp. 2*, *Glomus brohultii*, *Glomus sp. 1* e *Scutellospora sp.*, tiveram maior abundância na área AP e *Glomus macrocarpum* foi a espécie mais abundante na área AC. A abundância desses táxons podem estar relacionadas as condições ambientais favoráveis para a sua manutenção e o seu desenvolvimento, visto que, o solo pode ter tido a sua estrutura modificada pela ação do fogo, promovendo ou não, a modificações da sua composição. Análises físicas e químicas são necessárias para ratificar ou não, estas modificações.

A diversidade fungica muda em resposta ao fogo (Dove e Hart, 2017; Holden et al., 2013), no entanto, essas mudanças não acontecem de forma uniforme ao longo de toda a paisagem pós evento de fogo (Agee, 1998; Kong et al., 2019). Essas mudanças não uniformes favorecem a criação de habitats distintos após o evento deste fenômeno, onde combinações únicas podem fornecer características diferentes para a sobrevivência de

espécies distintas (Fox et al., 2022). Neste sentido, a análise de espécie indicadora selecionou seis espécies indicadoras nas áreas estudadas: *Scutellospora calospora* foi indicadora da área AC, *Scutellospora* sp. e *Acaulospora lacunosa* da área AP, *Cetraspora* sp.2 e *Ambispora appendicula* foi indicadora da área AAF. *Scutellospora spinosissima* foi selecionada como indicadora das áreas AC e AAF.

Neste trabalho, a curva de acumulação das espécies não atingiu o seu platô, indicando que mais amostras por área precisariam ser coletadas para que fosse possível encontrar toda a diversidade presente no local. Fatores diversos podem influenciar esta ausência, como o tempo de esporulação de determinadas espécies (Zangaro & Moreira, 2010); ausência de reprodução por não encontrarem plantas hospedeiras que possuam afinidades para a esporulação (Fox et al., 2022) e/ou a recuperação destas espécies via análise das culturas armadilhas, o que não foi possível neste estudo.

A análise de permutação multivariada deste estudo mostrou que as comunidades de FMA das áreas AAF, diferiu das comunidades das áreas AC e AP. Estes dados corroboram com estudos anteriores, onde os mesmos inferem que o fogo possui efeitos profundos e diretos na composição das comunidades de FMA no solo, influenciando na composição e densidade das espécies, assim como a sua reprodução (Marshall et al., 2016), (Longo et al., 2014) (Mirzaei et al., 2023). Para Greenwood et al. (2023), as comunidades de FMA mostram uma variedade de respostas ao tempo desde o incêndio. Já Dooley & Treseder (2012) e Semenova-Nelson et al. (2019) inferem que há um declínio na riqueza de FMA logo após o fogo e um aumento à medida que o tempo avança. Longo et al. (2014) indicou que o fogo possui efeitos diretos nos FMA e/ou na vegetação, onde estas mudanças na vegetação também podem afetar a composição dos FMA no solo.

CONCLUSÃO

O fogo exerce impactos substanciais nas comunidades fúngicas do solo, com efeitos negativos imediatos, que vão diminuindo ao longo do tempo. Os dados evidenciam uma redução temporária no número de glomerosporos em áreas recentemente queimadas, tendo um aumento ao passar dos anos.

A riqueza de espécies não é afetada pelo fogo, por outro lado, a diversidade é influenciada, apresentando uma maior diversidade em áreas que passaram pelo fogo recentemente. O menor número de glomerosporos nas áreas que passaram pelo fogo

recentemente afeta diretamente a equitabilidade e dominância, o que está diretamente relacionado a diversidade registrada nesses locais.

Diversos fatores podem alterar e influenciar a presença e/ou persistência dos glomerosporos em áreas que passaram por distúrbios. Neste sentido, torna-se importante ampliar os estudos sobre as comunidades de FMA em áreas que são afetadas pelo fogo, objetivando entender como essas comunidades se recuperam ao longo do tempo.

Nossos resultados contribuem para o entendimento desses distúrbios em unidades de conservação e podem servir de subsídios para uma gestão eficaz desses ecossistemas após episódios de incêndios, visando promover a recuperação e resiliência destes ambientes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a gestão do Projeto Sempre-Viva pelo apoio logístico. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa para a primeira autora e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por financiar parte da pesquisa (Projeto universal CNPQ, Processo 436853/2018-3).

ORCID

Bianca Denise Barbosa da Silva 0000-0002-8920-0652

Danielle Karla Silva 0000-0001-9890-1285

Thamires Brito Cunha Bomfim 0000-0002-0296-6357

Pablo Miguel Costa Silva 0009-0009-8793-057X

REFERENCIAS

- Agbeshie, A. A., Abugre, S., Atta-Darkwa, T., & Awuah, R. (2022). A review of the effects of forest fire on soil properties. *Journal of Forestry Research*, 33(5), 1419-1441.
- Agee, J. K. (1998). The landscape ecology of western forest fire regimes. *Northwest Science*, 72, 24.
- Allen, Michael F., James A. MacMahon, and Douglas C. Andersen. "Reestablishment of Endogonaceae on Mount St. Helens: survival of residuals." *Mycologia* 76.6 (1984): 1031- 1038.
- Amaranthus, M. P., Perry, D. A., Borchers, J. G., Borchers, S. L., & Brainerd, R. E. (1989). Bootstrapping in Ecosystems. *Bioscience*, 39(4), 230.
- Błaszowski, J. (2012). *Glomeromycota*. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences.
- Bond-Lamberty, B., Peckham, S. D., Ahl, D. E., & Gower, S. T. (2007). Fire as the dominant driver of central Canadian boreal forest carbon balance. *Nature*, 450(7166), 89-92.
- Boulangeat, I., Lavergne, S., Van Es, J., Garraud, L., & Thuiller, W. (2012). Niche breadth, rarity and ecological characteristics within a regional flora spanning large environmental gradients. *Journal of Biogeography*, 39(1), 204-214.
- Bowman, D. M., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J. M., Cochrane, M. A., & Pyne, S. J. (2009). Fire in the Earth system. *science*, 324(5926), 481-484.
- Busse, M. D., DeBano, L. F., 2005. Soil biology, in: Neary, D. G., Ryan, K. C., DeBano, L. F.(Eds.), *Wild land Fire in Ecosystems: Effects of Fire on Soil and Water*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42- vol. 4. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden,UT, pp. 73–91.
- Cade-Menun, B. J., Berch, S. M., Preston, C. M., & Lavkulich, L. M. (2000). Phosphorus forms and related soil chemistry of Podzolic soils on northern Vancouver Island. II. The effects of clear-cutting and burning. *Canadian Journal of Forest Research*, 30(11), 1726- 1741.
- Calaça, F. J. S., & Bustamante, M. M. (2022). Richness of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomeromycota*) along a vegetation gradient of Brazilian Cerrado: responses to seasonality, soil types, and plant communities. *Mycological Progress*, 21(2), 27.
- Chagnon, P. L., Bradley, R. L., Maherali, H., & Klironomos, J. N. (2013). A trait-

based framework to understand life history of mycorrhizal fungi. *Trends in plant science*, 18(9), 484-491.

Cheng, Z., Wu, S., Du, J., Liu, Y., Sui, X., & Yang, L. (2023). Reduced arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) diversity in light and moderate fire sites in Taiga forests, Northeast China. *Microorganisms*, 11(7), 1836.

Córdoba, A. S., Mendonça, M. M., & Araújo, E. F. (2002). Avaliação da diversidade genética de fungos micorrízicos arbusculares em três estádios de estabilização de dunas. *Revista brasileira de ciência do solo*, 26, 931-937.

De Cáceres, M. (2013). How to use the *indicspecies* package (ver. 1.7. 1). *R Proj*, 29. Dooley, S. R., & Treseder, K. K. (2012). The effect of fire on microbial biomass: a meta- analysis of field studies. *Biogeochemistry*, 109, 49-61.

Dove, N. C., & Hart, S. C. (2017). Fire reduces fungal species richness and in situ mycorrhizal colonization: a meta-analysis. *Fire Ecology*, 13, 37-65.

Dufrêne, M., & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs*, 67(3), 345-366.

Egidi, E., McMullan-Fisher, S., Morgan, J. W., May, T., Zeeman, B., & Franks, A. E. (2016). Fire regime, not time-since-fire, affects soil fungal community diversity and composition in temperate grasslands. *FEMS Microbiology Letters*, 363(17), fnw196.

Evans, K. L., Greenwood, J. J., & Gaston, K. J. (2005). Dissecting the species–energy relationship. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272(1577), 2155- 2163.

Fioretto, A., Papa, S., & Pellegrino, A. (2005). Effects of fire on soil respiration, ATP content and enzyme activities in Mediterranean maquis. *Applied Vegetation Science*, 8(1), 13-20.

Fox, S., Sikes, B. A., Brown, S. P., Cripps, C. L., Glassman, S. I., Hughes, K., ... & Jumpponen, A. (2022). Fire as a driver of fungal diversity—A synthesis of current knowledge. *Mycologia*, 114(2), 215-241.

Garcia de Leon, David, et al. "Anthropogenic disturbance equalizes diversity levels in arbuscular mycorrhizal fungal communities." *Global Change Biology* 24.6 (2018): 2649- 2659.

Gerdemann, J. W., & Nicolson, T. H. (1963). Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological society*, 46(2), 235-244.

Gianinazzi, S., Gollotte, A., Binet, M. N., van Tuinen, D., Redecker, D., & Wipf,

D. (2010). Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza*, 20(8), 519-530.

Gibson, D. J., & Hetrick, B. D. (1988). Topographic and fire effects on the composition and abundance of VA-mycorrhizal fungi in tallgrass prairie. *Mycologia*, 80(4), 433-441.

Giulietti, A. M. (1996) *Leiotrix Ruhland* (Eriocaulaceae) no estado da Bahia, Brasil. *Sitientibus*, n. 15, p. 61-81.

Giulietti, A. M., & Hensold, N. (1990). Padrões de distribuição geográfica dos gêneros de Eriocaulaceae. *Acta botanica brasílica*, 4, 133-158.

Glassman, S. I., Levine, C. R., DiRocco, A. M., Battles, J. J., & Bruns, T. D. (2016). Ectomycorrhizal fungal spore bank recovery after a severe forest fire: some like it hot. *The ISME journal*, 10(5), 1228-1239.

Glassman, S. I., Levine, C. R., DiRocco, A. M., Battles, J. J., & Bruns, T. D. (2016). Ectomycorrhizal fungal spore bank recovery after a severe forest fire: some like it hot. *The ISME journal*, 10(5), 1228-1239.

Goto, B.T. & Jobim, K. Laboratório de Biologia de Micorrizas. 2021. Disponível em: < <https://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas>. Acesso em: junho 2021.

Greenwood, L., Nimmo, D. G., Egidi, E., Price, J. N., McIntosh, R., & Frew, A. (2023). Fire shapes fungal guild diversity and composition through direct and indirect pathways. *Molecular Ecology*, 32(17), 4921-4939.

Harley, R. M., & Simmons, N. A. (1986). *Flórula of Mucugê-Chapada Diamantina*. Bahia, Brazil, Royal Botanic Gardens, Kew, London. 228p.

Hart, S. C., DeLuca, T. H., Newman, G. S., MacKenzie, M. D., & Boyle, S. I. (2005). Post- fire vegetative dynamics as drivers of microbial community structure and function in forest soils. *Forest Ecology and Management*, 220(1-3), 166-184.

Hart, S. C., DeLuca, T. H., Newman, G. S., MacKenzie, M. D., & Boyle, S. I. (2005). Post- fire vegetative dynamics as drivers of microbial community structure and function in forest soils. *Forest Ecology and Management*, 220(1-3), 166-184.

Holden, S. R., Gutierrez, A., & Treseder, K. K. (2013). Changes in soil fungal communities, extracellular enzyme activities, and litter decomposition across a fire chronosequence in Alaskan boreal forests. *Ecosystems*, 16, 34-46.

Hughes, K. W., Case, A., Matheny, P. B., Kivlin, S., Petersen, R. H., Miller, A. N., & Iturriaga, T. (2020). Secret lifestyles of pyrophilous fungi in the genus *Sphaerospora*. *American Journal of Botany*, 107(6), 876-885.

Imeson, A. C., Verstraten, J. M., Van Mulligen, E. J., & Sevink, J. (1992). The effects of fire and water repellency on infiltration and runoff under Mediterranean type forest. *Catena*, 19(3-4), 345-361.

Izzo, A., Canright, M., & Bruns, T. D. (2006). The effects of heat treatments on ectomycorrhizal resistant propagules and their ability to colonize bioassay seedlings. *mycological research*, 110(2), 196-202.

Jenkins, W. R. B. (1964). A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant disease reporter*, 48(9).

Kardol, P., & Wardle, D. A. (2010). How understanding aboveground–belowground linkages can assist restoration ecology. *Trends in ecology & evolution*, 25(11), 670-679.

Kivlin, S. N., Harpe, V. R., Turner, J. H., Moore, J. A., Moorhead, L. C., Beals, K. K., ... & Schweitzer, J. A. (2021). Arbuscular mycorrhizal fungal response to fire and urbanization in the Great Smoky Mountains National Park. *Elem Sci Anth*, 9(1), 00037.

Klopatek, C. C., Debano, L. F., & Klopatek, J. M. (1988). Effects of simulated fire on vesicular-arbuscular mycorrhizae in pinyon-juniper woodland soil. *Plant and Soil*, 109, 245- 249.

Kong, J. J., Yang, J., & Cai, W. (2019). Topography controls post-fire changes in soil properties in a Chinese boreal forest. *Science of the Total Environment*, 651, 2662-2670.

Longo, S., Nouhra, E., Goto, B. T., Berbara, R. L., & Urcelay, C. (2014). Effects of fire on arbuscular mycorrhizal fungi in the Mountain Chaco Forest. *Forest Ecology and Management*, 315, 86-94.

Marshall, A., Waller, L., & Lekberg, Y. (2016). Cascading effects of fire retardant on plant–microbe interactions, community composition, and invasion. *Ecological Applications*, 26(4), 996-1002.

McMullan-Fisher, S. J., May, T. W., Robinson, R. M., Bell, T. L., Lebel, T., Catcheside, P., & York, A. (2011). Fungi and fire in Australian ecosystems: a review of current knowledge, management implications and future directions. *Australian Journal of Botany*, 59(1), 70-90.

Miranda, H. (1996). Rocha e Silva, EP e Miranda, AC Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. *Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga*. Dep. Ecologia. Brasília: Universidade de Brasília.

Mirzaei, J., Heydari, M., Omidipour, R., Jafarian, N., & Carcaillet, C. (2023).

Decrease in soil functionalities and herbs' diversity, but not that of arbuscular mycorrhizal fungi, linked to short fire interval in semi-arid oak forest ecosystem, west Iran. *Plants*, 12(5), 1112.

Moura, J. B., Souza, R. F., Vieira-Júnior, W. G., Lucas, L. S., Santos, J. M., e Silva, S. D., & Marín, C. (2022). Effects of a megafire on the arbuscular mycorrhizal fungal community and parameters in the Brazilian Cerrado ecosystem. *Forest Systems*, 31(1), e001-e001.

Neary, D. G., Klopatek, C. C., DeBano, L. F., & Ffolliott, P. F. (1999). Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest ecology and management*, 122(1- 2), 51-71.

Oehl, F., Sieverding, E., Palenzuela, J., Ineichen, K., & da Silva, G. A. (2011). Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. *IMA fungus*, 2(2), 191-199.

Peay, K. G., Garbelotto, M., & Bruns, T. D. (2009). Spore heat resistance plays an important role in disturbance-mediated assemblage shift of ectomycorrhizal fungi colonizing *Pinus muricata* seedlings. *Journal of Ecology*, 97(3), 537-547.

Pellegrini, A. F., Ahlström, A., Hobbie, S. E., Reich, P. B., Nieradzik, L. P., Staver, A. C.,

... & Jackson, R. B. (2018). Fire frequency drives decadal changes in soil carbon and nitrogen and ecosystem productivity. *Nature*, 553(7687), 194-198.

Raudabaugh, D. B., Matheny, P. B., Hughes, K. W., Iturriaga, T., Sargent, M., & Miller, A.

N. (2020). Where are they hiding? Testing the body snatchers hypothesis in pyrophilous fungi. *Fungal Ecology*, 43, 100870.

Schenck, N. C., & Perez-Collins, Y. (1990). Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. (No Title).

Schnoor, T. K., Lekberg, Y., Rosendahl, S., & Olsson, P. A. (2011). Mechanical soil disturbance as a determinant of arbuscular mycorrhizal fungal communities in semi-natural grassland. *Mycorrhiza*, 21, 211-220.

Seaton, F. M., Jones, D. L., Creer, S., George, P. B., Smart, S. M., Lebron, I., ... & Robinson,

D. A. (2019). Plant and soil communities are associated with the response of soil water repellency to environmental stress. *Science of the total environment*, 687, 929-938.

Semenova-Nelsen, T. A., Platt, W. J., Patterson, T. R., Huffman, J., & Sikes, B. A. (2019).

Frequent fire reorganizes fungal communities and slows decomposition across a

heterogeneous pine savanna landscape. *New Phytologist*, 224(2), 916-927.

Serrasolsas, I., & Khanna, P. K. (1995). Changes in heated and autoclaved forest soils of SE Australia. II. Phosphorus and phosphatase activity. *Biogeochemistry*, 29, 25-41.

Souza, F. D., Stürmer, S. L., Carrenho, R., & Trufem, S. F. B. (2010). Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. *Micorrizas*, 30, 15-73.

Spehn, E., & Körner, C. (2009). Mountain biodiversity—a global heritage. In *Mountain Forum Bulletin*.

Stürmer, S. L., Heinz, K. G. H., Marascalchi, M. N., Giongo, A., & Siqueira, J. O. (2022). Wildfire does not affect spore abundance, species richness, and inoculum potential of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) in ferruginous Canga ecosystems. *Acta Botanica Brasilica*, 36.

Treseder, K. K. (2004). A meta-analysis of mycorrhizal responses to nitrogen, phosphorus, and atmospheric CO₂ in field studies. *New phytologist*, 164(2), 347-355.

Vale, Raquel de Matos Cardoso; Nolasco, Marjorie Csëko; Franca-Rocha, Washington de Jesus Sant'Anna da & Lobão, Jocimara Souza Britto (2007). Zoneamento Ambiental do Setor Sul do Parque Nacional da Chapada Diamantina – PNCD/BA. No prelo.

Wang, B., & Qiu, Y. L. (2006). Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*, 16, 299-363.

Whiteside, M. D., Werner, G. D., Caldas, V. E., van't Padje, A., Dupin, S. E., Elbers, B., ... & Kiers, E. T. (2019). Mycorrhizal fungi respond to resource inequality by moving phosphorus from rich to poor patches across networks. *Current Biology*, 29(12), 2043-2050.

Wijayawardene, N. N., Hyde, K. D., Al-Ani, L. K. T., Tedersoo, L., Haelewaters, D., Rajeshkumar, K. C., ... & Suija, A. (2020). Outline of Fungi and fungus-like taxa. *Mycosphere Online: Journal of Fungal Biology*, 11(1), 1060-1456.

Zangaro, W., et al. "Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil." (2010): 279-310.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELSON, Philip H.; ROWE, James W. A new agricultural frontier. *Science*, v. 235, n. 4795, p. 1450-1451, 1987.

AGBESHIE, Alex Amerh et al. A review of the effects of forest fire on soil properties. *Journal of Forestry Research*, v. 33, n. 5, p. 1419-1441, 2022.

AKER, A., Caproni, A. L., BERBARA, R. L. L., GRANHA, J. R. D. D. O., SILVA, C. F.

D., & Pereira, M. G. (2022). Arbuscular mycorrhizal fungi in the cerrado biome: effects of land use system, soil texture, and seasonality. *Revista Caatinga*, 35, 170-180.

ATUNNISA, Rifa; EZAWA, Tatsuhiro. Nestedness in arbuscular mycorrhizal fungal communities in a volcanic ecosystem: selection of disturbance-tolerant fungi along an elevation gradient. *Microbes and environments*, v. 34, n. 3, p. 327-333, 2019.

BÉCARD, G.; PFEFFER, P. E. Status of nuclear division in arbuscular mycorrhizal fungi during in vitro development. *Protoplasma*, v. 174, p. 62-68, 1993.

BERBARA, Ricardo LL; SOUZA, Francisco A.; FONSECA, H. M. A. C. III-Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. *Nutrição mineral de plantas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG*, p. 74-85, 2006.

BOND-LAMBERTY, Ben et al. Fire as the dominant driver of central Canadian boreal forest carbon balance. *Nature*, v. 450, n. 7166, p. 89-92, 2007.

BORBA, Marcus Flavius; AMORIM, SMC de. Fungos micorrízicos arbusculares em sempre-vivas: subsídio para cultivo e replantio em áreas degradadas. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 7, n. 2, p. 20-27, 2007.

BOWMAN, David MJS et al. Fire in the Earth system. *science*, v. 324, n. 5926, p. 481-484, 2009.

BRAHMAPRAKASH, G. P.; SAHU, Pramod Kumar. Biofertilizers for sustainability. *Journal of the Indian Institute of Science*, v. 92, n. 1, p. 37-62, 2012.

BRUNDRETT, Mark C.; TEDERSOO, Leho. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*, v. 220, n. 4, p. 1108-1115, 2018. CHENG, Zhichao et al. Reduced arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) diversity in light and moderate fire sites in Taiga forests, Northeast China. *Microorganisms*, v. 11, n. 7, p. 1836, 2023.

COOKE, John C.; GEMMA, J. N.; KOSKE, R. E. Observations of nuclei in vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycologia*, v. 79, n. 2, p. 331-333, 1987.

CÓRDOBA, A. S.; MENDONÇA, M. M.; ARAÚJO, E. F. Avaliação da diversidade genética de fungos micorrízicos arbusculares em três estádios de estabilização de dunas. *Revista brasileira de ciência do solo*, v. 26, p. 931-937, 2002.

COSTA, Fabiane Nepomuceno; TROVÓ, Marcelo; SANO, Paulo Takeo. Eriocaulaceae na Cadeia do Espinhaço: riqueza, endemismo e ameaças. *Megadiversidade*, v. 4, n. 1-2, p. 117- 125, 2008.

CUNHA, A. S. Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos Cerrados. Brasília: Ipea, 1994. 204p.

DE SOUZA, F.A. 2007. Sistema reprodutivo e troca de material genético em fungos micorrízicos arbusculares. In: Maia, L.C.; Malosso, E. & Yano-Melo, A.M. (Orgs.) *Micologia: Avanços no Conhecimento*. Recife, Ed. Universitária da UFPE. Pp. 112 - 121. DE SOUZA, Francisco Adriano et al. Morphological, ontogenetic and molecular characterization of *Scutellospora reticulata* (Glomeromycota). *Mycological Research*, v. 109, n. 6, p. 697-706, 2005.

DOOLEY, Sandra R.; TRESEDER, Kathleen K. The effect of fire on microbial biomass: a meta-analysis of field studies. *Biogeochemistry*, v. 109, p. 49-61, 2012.

DOVE, Nicholas C.; HART, Stephen C. Fire reduces fungal species richness and in situ mycorrhizal colonization: a meta-analysis. *Fire Ecology*, v. 13, p. 37-65, 2017.

EGIDI, Eleonora et al. Fire regime, not time-since-fire, affects soil fungal community diversity and composition in temperate grasslands. *FEMS Microbiology Letters*, v. 363, n. 17, p. fnw196, 2016.

FINLAY, Roger D. Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. *Journal of experimental botany*, v. 59, n. 5, p. 1115-1126, 2008.

FIORETTO, Antonietta; PAPA, Stefania; PELLEGRINO, A. Effects of fire on soil respiration, ATP content and enzyme activities in Mediterranean maquis. *Applied Vegetation Science*, v. 8, n. 1, p. 13-20, 2005.

FLANNIGAN, Mike D. et al. Forest fires and climate change in the 21 st century. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, v. 11, p. 847-859, 2006.

FOX, Sam et al. Fire as a driver of fungal diversity—A synthesis of current knowledge. *Mycologia*, v. 114, n. 2, p. 215-241, 2022.

GANDOLFI, Andrea et al. Evidence of recombination in putative ancient asexuals. *Molecular Biology and Evolution*, v. 20, n. 5, p. 754-761, 2003.

GIANINAZZI, Silvio et al. Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas

in ecosystem services. *Mycorrhiza*, v. 20, n. 8, p. 519-530, 2010.

GIULIETTI, Ana Maria. LEIOTHRIX RUHLAND (ERIOCAULACEAE) NO ESTADO DA BAHIA, BRASIL. *Sitientibus*, n. 15, 1996.

GIULIETTI, Ana Maria; HENSOLD, Nancy. Padrões de distribuição geográfica dos gêneros de Eriocaulaceae. *Acta botanica brasílica*, v. 4, p. 133-158, 1990.

GIULIETTI, Ana Maria; HENSOLD, Nancy. Padrões de distribuição geográfica dos gêneros de Eriocaulaceae. *Acta botanica brasílica*, v. 4, p. 133-158, 1990.

GIULIETTI, Nelson et al. Estudos em sempre-vivas: importância econômica do extrativismo em Minas Gerais, Brasil. *Acta botanica brasílica*, v. 1, p. 179-193, 1987.

GLASSMAN, Sydney I. et al. Ectomycorrhizal fungal spore bank recovery after a severe forest fire: some like it hot. *The ISME journal*, v. 10, n. 5, p. 1228-1239, 2016.

GOLLOTTE, Armelle et al. Repetitive DNA sequences include retrotransposons in genomes of the Glomeromycota. *Genetica*, v. 128, n. 1-3, p. 455-469, 2006.

GONTIJO, B. M. Uma geografia para a Cadeia do espinhaço. *Megadiversidade* 4 (2): 7–

15. *Bol. Soc. Latin. Carib. Cact. Suc.* 9 (2) mayo-agosto 2012 Bezerra et al.—*Microorganismos endofíticos en Cactaceae*, 2008.

GOTO, B. T.; JOBIM, K. Laboratório de Biologia de Micorrizas. 2021. Disponível em: < <https://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas>>. Acesso em: junho 2021.

GOTO, Bruno Tomio; MAIA, Leonor Costa. Glomerospores: a new denomination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. *Mycotaxon*, v. 96, n. 4, p. 129-132, 2006.

HARRISON, Maria J. Biotrophic interfaces and nutrient transport in plant/fungal symbioses. *Journal of Experimental Botany*, p. 1013-1022, 1999.

HART, Stephen C. et al. Post-fire vegetative dynamics as drivers of microbial community structure and function in forest soils. *Forest Ecology and Management*, v. 220, n. 1-3, p. 166- 184, 2005.

HATTEN, Jeff A.; ZABOWSKI, Darlene. Fire severity effects on soil organic matter from a ponderosa pine forest: a laboratory study. *International Journal of Wildland Fire*, v. 19, n. 5, p. 613-623, 2010.

HECKMAN, Daniel S. et al. Molecular evidence for the early colonization of land by fungi and plants. *science*, v. 293, n. 5532, p. 1129-1133, 2001.

HSIEH, T.C.; MA, K.H.; CHAO, A. 2022 iNEXT: iNterpolation and

EXTrapolation for species diversity. R package version 3.0.0 URL: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software-download/>.

IMESON, A. C. et al. The effects of fire and water repellency on infiltration and runoff under Mediterranean type forest. *Catena*, v. 19, n. 3-4, p. 345-361, 1992.

KARDOL, Paul; WARDLE, David A. How understanding aboveground–belowground linkages can assist restoration ecology. *Trends in ecology & evolution*, v. 25, n. 11, p. 670- 679, 2010.

KEYMER, Andreas et al. Lipid transfer from plants to arbuscular mycorrhiza fungi. *elife*, v. 6, p. e29107, 2017.

KIVLIN, Stephanie N. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal response to fire and urbanization in the Great Smoky Mountains National Park. *Elem Sci Anth*, v. 9, n. 1, p. 00037, 2021.

KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. Conservation of the Brazilian cerrado. *Conservation biology*, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

KLOPATEK, Carole Coe; DEBANO, Leonard F.; KLOPATEK, Jeffrey M. Effects of simulated fire on vesicular-arbuscular mycorrhizae in pinyon-juniper woodland soil. *Plant and Soil*, v. 109, p. 245-249, 1988.

KNELMAN, Joseph E. et al. Rapid shifts in soil nutrients and decomposition enzyme activity in early succession following forest fire. *Forests*, v. 8, n. 9, p. 347, 2017.

KNORR, W.; ARNETH, A.; JIANG, L. Demographic controls of future global fire risk. *Nature Climate Change*, v. 6, n. 8, p. 781-785, 2016.

LONGO, Silvana et al. Effects of fire on arbuscular mycorrhizal fungi in the Mountain Chaco Forest. *Forest Ecology and Management*, v. 315, p. 86-94, 2014.

MAIA, Leonor Costa et al. Species diversity of Glomeromycota in Brazilian biomes. *Sydowia*, v. 72, p. 181-205, 2020.

MAIO, L. C., CARVALHO Júnior, A. A. D., CAVALCANTI, L. D. H., GUGLIOTTA, A. D. M., Drechsler-Santos, E. R., SANTIAGO, A. L. D. A., ... & SILVA, V. F. D. (2015). Diversity of Brazilian fungi. *Rodriguésia*, 66, 1033-1045.

MCKENZIE, D., GEDALOF, Z. E., PETERSON, D. L., & MOTE, P. (2004). Climatic change, wildfire, and conservation. *Conservation biology*, 18(4), 890-902.

MCMULLAN-FISHER, S. J., MAY, T. W., ROBINSON, R. M., BELL, T. L., LEBEL, T., CATCHESIDE, P., & YORK, A. (2011). Fungi and fire in Australian ecosystems: a review of current knowledge, management implications and future directions. *Australian Journal of Botany*, 59(1), 70-90.

MIRANDA, H. S. ROCHA e SILVA, EP e MIRANDA, AC Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga. Dep. Ecologia. Brasília: Universidade de Brasília, 1996.

MIRANDA, Tatiana Mota; HANAZAKI, Natalia. Conhecimento e uso de recursos vegetais de restinga por comunidades das ilhas do Cardoso (SP) e de Santa Catarina (SC), Brasil. Acta botanica brasílica, v. 22, p. 203-215, 2008.

MOREIRA, F. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2. ed. Lavras: Ed. Da UFLA, 2006.

MORTON, JOSEPH B. et al. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. Mycotaxon, v. 37, p. 471-491, 1990.

MOURA, Jadson B. et al. Effects of a megafire on the arbuscular mycorrhizal fungal community and parameters in the Brazilian Cerrado ecosystem. Forest Systems, v. 31, n. 1, p. e001-e001, 2022.

MYERS, Norman et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NEARY, Daniel G. et al. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. Forest ecology and management, v. 122, n. 1-2, p. 51-71, 1999.

PAWLOWSKA, Teresa E.; TAYLOR, John W. Organization of genetic variation in individuals of arbuscular mycorrhizal fungi. Nature, v. 427, n. 6976, p. 733-737, 2004.

PELLEGRINI, Adam FA et al. Fire frequency drives decadal changes in soil carbon and nitrogen and ecosystem productivity. Nature, v. 553, n. 7687, p. 194-198, 2018.

PERRY, David A. et al. Bootstrapping in ecosystems. Bioscience, v. 39, n. 4, p. 230-237, 1989.

PIROZYNSKI, K. A.; MALLOCH, D. W. The origin of land plants: a matter of mycotrophism. Biosystems, v. 6, n. 3, p. 153-164, 1975.

RAPINI, Alessandro et al. A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. Megadiversidade, v. 4, n. 1-2, p. 16-24, 2008.

RAUDABAUGH, D. B., MATHENY, P. B., HUGHES, K. W., ITURRIAGA, T., SARGENT, M., & MILLER, A. N. (2020). Where are they hiding? Testing the body snatchers hypothesis in pyrophilous fungi. Fungal Ecology, 43, 100870.

REDECKER, Dirk; KODNER, Robin; GRAHAM, Linda E. Glomalean fungi from the Ordovician. *Science*, v. 289, n. 5486, p. 1920-1921, 2000.

REMY, W., TAYLOR, T. N., HASS, H., & KERP, H. (1994). Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(25), 11841-11843.

SANO, E. E., ROSA, R., BRITO, J. L. S., & FERREIRA, L. G. (2008). Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 43, 153-156.

SANO, Edson Eyji; FERREIRA, Laerte Guimarães. Monitoramento semidetalhado (escala de 1: 250.000) de ocupação de solos do Cerrado: considerações e proposta metodológica. *Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto*, v. 12, p. 3309-3316, 2005. SCHÜBLER, Arthur; SCHWARZOTT, Daniel; WALKER, Christopher. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological research*, v. 105, n. 12, p. 1413-1421, 2001.

SCHÜBLER, Arthur; WOLF, Elke. *Geosiphon pyriformis*—a glomeromycotan soil fungus forming endosymbiosis with cyanobacteria. In: *In vitro culture of mycorrhizas*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2005. p. 271-289.

SEATON, F. M., JONES, D. L., CREER, S., GEORGE, P. B., SMART, S. M., LEBRON, I., ... & ROBINSON, D. A. (2019). Plant and soil communities are associated with the response of soil water repellency to environmental stress. *Science of the total environment*, 687, 929-938.

SHIKI, Shigeo. Sistema agroalimentar no Cerrado brasileiro: caminhando para o caos. *Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do Cerrado brasileiro*, Uberlândia, EMBRAPA/CNPAMA, p. 135-167, 1997.

SIMON, L., BOUSQUET, J., LÉVESQUE, R. C., & LALONDE, M. (1993). Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature*, 363(6424), 67-69.

SIQUEIRA, J. O.; ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. *Microrganismos de importância agrícola*. Brasília: Embrapa-SPI, M.(Ed.). *Microrganismos de importância agrícola*. Brasília: Embrapa-SPI, p. 151-194, 1994.

SMITH, Sally E.; READ, David J. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic press, 2010. SOUZA, F. A. et al. *Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil*, chapter Classificação e

taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. Editora UFLa, p. 15-73, 2010.

SPEHN, E.; KÖRNER, Christian. Mountain biodiversity—a global heritage. In: Mountain Forum Bulletin. 2009.

STRULLU-DERRIEN, Christine et al. The origin and evolution of mycorrhizal symbioses: from palaeomycology to phylogenomics. *New Phytologist*, v. 220, n. 4, p. 1012-1030, 2018. STÜRMER, S. L.; MELLONI, R.; CAPRONI, A. L. Micorrizas arbusculares em dunas marítimas e em áreas de mineração. *Micorrizas*, v. 30, p. 341-360, 2010.

STÜRMER, Sidney L.; BEVER, James D.; MORTON, Joseph B. Biogeography of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota): a phylogenetic perspective on species distribution patterns. *Mycorrhiza*, v. 28, n. 7, p. 587-603, 2018.

TAWARAYA, K., TAKAYA, Y., TURJAMAN, M., TUAH, S. J., LIMIN, S. H., TAMAI, Y., & OSAKI, M. (2003). Arbuscular mycorrhizal colonization of tree species grown in peat swamp forests of Central Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and management*, 182(1-3), 381-386.

TAYLOR, T. N., REMY, W., HASS, H., & KERP, H. (1995). Fossil arbuscular mycorrhizae from the Early Devonian. *Mycologia*, 87(4), 560-573.

VAN DER HEIJDEN, Marcel GA; HORTON, Thomas R. Socialism in soil? The importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems. *Journal of ecology*, v. 97, n. 6, p. 1139-1150, 2009.

VAN DER WAL, Annemieke et al. A thready affair: linking fungal diversity and community dynamics to terrestrial decomposition processes. *FEMS Microbiology reviews*, v. 37, n. 4, p. 477-494, 2013.

VIEIRA, Larissa C. et al. Ecological aspects of arbuscular mycorrhizal fungal communities in different habitat types of a Brazilian mountainous area. *Ecological Research*, v. 34, n. 1, p. 182-192, 2019.

VIEIRA, Larissa Cardoso et al. Edaphic factors influence the distribution of arbuscular mycorrhizal fungi along an altitudinal gradient of a tropical mountain. *Microbial ecology*, v. 78, p. 904-913, 2019.

WANG, Bin; QIU, Y.-L. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*, v. 16, p. 299-363, 2006.

WIJAYAWARDENE, N. N., HYDE, K. D., AL-ANI, L. K. T., TEDERSOO, L., HAELEWATERS, D., RAJESHKUMAR, K. C., ... & SUIJA, A. (2020). Outline of

Fungi and fungus-like taxa. *Mycosphere Online: Journal of Fungal Biology*, 11(1), 1060-1456. WILLIAMSON, T. B., COLOMBO, S. J., DUINKER, P. N., Gray, P. A., HENNESSEY, R. J., HOULE, D., ... & SPITTLEHOUSE, D. L. (2009). Climate change and Canada's forests: from impacts to adaptation.

APÊNDICE

Cartilha sobre os FMA e o efeito do fogo elaborado para ser apresentado e entregue no Projeto Sempre-Viva, como forma de divulgação dos dados da pesquisa e socialização acerca de informações sobre o mundo dos fungos.

E ai, gostou de conhecer um pouco mais sobre os fungos?

Quer saber mais sobre o universo dos fungos e como estão sendo desenvolvidas algumas pesquisas relacionadas aqui na Bahia?

Acesse o nosso instagram



@labfungi



Glomeromycotando
As curiosidades que não te contaram sobre os fungos



Ao decompor a matéria orgânica presente no solo, esses organismos devolvem para o meio ambiente, importantes elementos químicos que estavam presentes nos restos dos seres vivos.

Ah, e além disso tudo, os fungos ainda fazem um processo muito importante chamado: **Ciclagem de nutrientes**



E alguns podem até ser comestíveis

Tem importância farmacológica

Eles auxiliam no crescimento e saúde das árvores



Por que são importantes?

Mas, o que isso significa? Significa que possuem células bem organizadas, assim como plantas e os animais.

Além disso, estes seres são heterotróficos, ou seja, não produzem o seu próprio alimento, precisando assim absorver nutrientes de várias substâncias orgânicas ao seu redor.

Os Fungos são organismos pertencentes ao Reino Fungi, e apesar de parecerem, não são plantas.

Quem são os fungos?

Fungos e as suas formas

Os fungos podem ser:

Macro

Possuem as suas estruturas reprodutivas macroscópicas, ou seja, conseguimos ver a olho nu.

Os mais populares pertencem aos filós:

Basidiomycota
Ascomycota

Micro

Possuem as suas estruturas reprodutivas microscópicas, ou seja, não conseguimos ver a olho nu.

O filo **Glomeromycota** por ex., tudo que observamos são os seus esporos

O Filo Glomeromycota

Esses fungos vivem no solo, e fazem conexão com a raiz da maioria das plantas

Nessa conexão, eles ajudam as plantas a conseguir mais água e nutrientes no solo



Qual a relevância disso?

O fogo é um dos fatores que podem influenciar a presença e o desenvolvimento destes fungos no solo



Pela importância que esses fungos possuem para a maioria das plantas,

Precisamos identificar estes organismos no solo, e compreender quais fatores podem interferir no seu processo de desenvolvimento e interação com as plantas

Comanthera mucugensis, uma espécie de sempre viva

Esta espécie de sempre viva é endêmica da região de Mucugê na Chapada Diamantina, ou seja, só ocorre nessa região

Por serem e permanecerem bonitas por muito tempo, estas plantas foram muito exploradas e comercializadas no passado

Correndo o risco de desaparecerem por completo

Não queremos que isso aconteça, não é?



Para isso, vamos cuidar do nosso meio ambiente, evitando o fogo, conscientizando as pessoas sobre os impactos do fogo para o solo, os fungos e consequentemente as plantas.

O que podemos fazer?

Levando em consideração a importância desses fungos para as plantas e o impacto sofrido por estes com as queimadas,

Precisamos potencializar as pesquisas nessa área para compreender os efeitos do fogo sobre o desenvolvimento vegetal.

As recorrentes queimadas na Chapada Diamantina, alteraram a diversidade desses fungos no solo



Agora precisamos compreender como isso impacta no desenvolvimento vegetal. Há necessidade de desenvolvimento de pesquisas para compreender a relação entre as alterações sofridas pelos FMA no solo e o desenvolvimento destas plantas.