

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –
CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS – AGRONOMIA

BIODIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES SOB SOLO
DE CERRADO

AUTORA: LEIDIANE DOS SANTOS LUCAS
ORIENTADOR: PROF. DR. AURÉLIO RUBIO NETO

RIO VERDE - GO
JANEIRO – 2022

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –
IF GOIANO - CAMPUS RIO VERDE DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-
GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

BIODIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES SOB SOLO
DE CERRADO

AUTORA: LEIDIANE DOS SANTOS LUCAS
ORIENTADOR: PROF. DR. AURÉLIO RUBIO NETO

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA, no Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de Concentração Tecnologias Sustentáveis em sistemas de produção e uso do solo e água

Rio Verde - GO
Janeiro – 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

LL933b Lucas, Leidiane dos Santos
BIODIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES SOB SOLO DE CERRADO / Leidiane dos
Santos Lucas; orientador Aurélio Rubio Neto; co-
orientador Jadson Belém de Moura. -- Rio Verde, 2022.
76 p.

Dissertação (Mestrado em Pós-Graduação em Ciências
Agrárias - Agronomia) -- Instituto Federal Goiano,
Campus Rio Verde, 2022.

1. FMA. I. Rubio Neto, Aurélio, orient. II.
Moura, Jadson Belém de, co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local / /
Data

Leidiane dos Santos Loucas

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Augusto Rubens Neto

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 2/2022 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

BIODIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES SOB SOLO DE CERRADO.

Autora: Leidiane dos Santos Lucas
Orientador: Prof. Dr. Aurélio Rubio Neto

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em, 10 de janeiro de 2022.

Prof. Dr. Aurélio Rubio Neto (Presidente)

Prof. Dr. Edson Luiz Souchie (Avaliador interno)

Prof. Dr. Jadson Belém de Moura (Avaliador externo)

Profa. Dra. Juliana Silva Rodrigues Cabral (Avaliadora externa)

Documento assinado eletronicamente por:

- Juliana Silva Rodrigues Cabral, Juliana Silva Rodrigues Cabral - Professor Avaliador de Banca - Universidade de Rio Verde (01815216000178), em 11/01/2022 11:23:56.
- Edson Luiz Souchie, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/01/2022 17:58:42.
- Jadson Belem de Moura, Jadson Belem de Moura - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500), em 10/01/2022 17:55:14.
- Aurelio Rubio Neto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/01/2022 17:53:49.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 07/01/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 345488
Código de Autenticação: ef224ce703



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por essa oportunidade, pois sem o seu amor e sua fidelidade em minha vida nada disso seria possível.

Agradeço a minha avó Maria Helena dos Santos, por ser também minha mãe, pelo carinho e dedicação em toda a minha vida, por inspirar força e coragem, pelas broncas, pela paciência, pelas ajudas financeiras e por sempre ter acreditado em mim e nunca ter me deixado desanimar.

Agradeço minha mãe Eliane dos Santos Lucas, por todo carinho, por estar ao meu lado, pelos conselhos, pelas ajudas financeiras, por ser meu porto seguro porque eu tinha a certeza que podia correr quando precisasse, por defender e incentivar a prosseguir.

Agradeço ao meu irmão Gustavo dos Santos Silva, por ter-me como referência, com isso, fez-me buscar sempre ser melhor como pessoa, aluna e profissional.

Agradeço ao meu marido, Alex Ricardo de Souza, que sempre me compreendeu mostrou várias vezes que eu era capaz e comemorou comigo minhas conquistas. Por sempre me incentivar como pessoa e profissional, por me acompanhar em projetos, mesmo que cansativos e por toda ajuda financeira. Pela paciência, carinho e dedicação para comigo.

Agradeço o doutor Aurélio Rubio Neto, meu orientador, pelo apoio, pela paciência, pela dedicação comigo e com este trabalho. Serei sempre grata por tudo.

Agradeço ao meu coorientador, Jadson Belém de Moura, que esteve sempre ao meu lado, ajudando em momentos de dificuldade e desespero me incentivou, aconselhou e foi muito importante durante esses dias de pandemia, quando não foi possível estar tão próximo do orientador.

Agradeço a todo corpo docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do campus Rio Verde. Gostaria de agradecer também a Faculdade Evangélica de Goianésia, em especial ao Laboratório de Microbiologia, por ceder o espaço e me acolher como uma filha que volta para casa.

Agradeço aos meus colegas Ingrid e Thyago, por estarem comigo em um dos momentos mais desafiadores, estudar fisiologia vegetal, de forma remota, durante uma crise sanitária. Vocês serão inesquecíveis e para sempre o meu trio.

Agradeço a minha colega Janniffer, por toda ajuda e paciência em me ajudar com minhas dúvidas. Aos meus colegas de laboratório Izabelly, Henrique, Maria Eduarda e Nayara, por todo apoio em meus projetos, por toparem virar noites comigo e pelos domingos que me fizeram companhia.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

Enfim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão de mais essa etapa da minha vida.

BIOGRAFIA DA AUTORA

LEIDIANE DOS SANTOS LUCAS filha de Eliane dos Santos Lucas, nascida no dia 03 de março de 1996, natural de Anápolis, Goiás, Brasil. Iniciou no curso de Bacharel em Agronomia em fevereiro de 2014 e graduou-se em dezembro de 2018, na Faculdade Evangélica de Goianésia. Em março de 2020, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia em nível de Mestrado, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, submetendo-se à defesa da dissertação, requisito indispensável para a obtenção do título de Mestre, em janeiro de 2021.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Fungos micorrízicos arbusculares.....	3
2.2. Cerrado.....	3
2.3. Fungos micorrízicos no Cerrado.....	6
2.4. Espécies forrageiras e plantas de cobertura	7
2.5. Caju.....	8
2.6. Pequi	9
2.7. Buriti	10
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
4. OBJETIVOS.....	19
4.1. Objetivo Geral.....	19
4.2. Objetivos Específicos	19
5. CAPÍTULO I.....	20
MYCORRHIZAL FUNGI ARBUSCULAR IN FORAGE GRASSES CULTIVATED IN CERRADO SOIL	21
ABSTRACT	21
INTRODUCTION	22
MATERIALS AND METHODS	23
RESULTS AND DISCUSSION.....	25
CONCLUSION	28
REFERENCES	29
6. CAPÍTULO II.....	33
ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN BURITI, CERRADO CASHEW AND PEKI IN CERRADO SOIL	34

INTRODUCTION	Erro! Indicador não definido.
MATERIAL AND METHODS	Erro! Indicador não definido.
RESULTS AND DISCUSSION.....	Erro! Indicador não definido.
CONCLUSIONS	Erro! Indicador não definido.
7. CAPÍTULO III	50
1. Introduction	1
2. Materials and Methods	3
3. Results and Discussion	5
4. Conclusions	10
References	10
8. CONCLUSÕES GERAIS	69

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I

Table 1. Forage grasses installed at the Agrostological Field of the Ricardo Fontoura Experimental Station of the Cerrado, Evangelical College of Goianésia.....	23
Table 2. Presence (1) and absence (0) of Genera of arbuscular mycorrhizal fungi associated with the rhizosphere of different forage grasses in Cerrado soil.	27

CAPÍTULO II

Table 1. Geographical locations of the collection points of rhizospherical soil samples of Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>), the Cerrado Cashew (<i>Anacardium humile</i>) and the Peki (<i>Caryocar brasiliense</i>) in cerrado soil in the state of Goiás.....	37
Table 2. Genera of arbuscular mycorrhizal fungi identified in rhizospherical soil of Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>), cerrado cashew (<i>Anacardium humile</i>) and Peki (<i>Caryocar brasiliense</i>) in cerrado.	43

CAPÍTULO III

Table 1. Geographical locations of the collection points of rhizospherical soil samples from cerrado soil in the state of Goiás.....	3
Table 2. Genera of arbuscular mycorrhizal fungi identified in rhizospherical soil of different cerrado phytophysiognomies. CL - Campo Limpo, CS - Campo Sujo, CE - Cerradão, SS - Strictu Sensu, VE - Veredas.....	7

ÍNDICE DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figure 1 – Estruturas de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de plantas hospedeiras (NUNES, 2016).	5
Figure 2 – Fitofisionomias do domínio Cerrado (SANO; ALMEIDA; RIBEIRO, 2008).	4
Figure 3 – Árvore e frutos de caju (CERRATINGA, 2021).....	9
Figure 4 – Árvore e flores de pequi (BONNET; CURCIO, 2016).....	10
Figure 5 – Cacho de frutos de buriti (CERRATINGA, 2021).....	11

CAPÍTULO I

Figure 1. Density of mycorrhizal fungi spores in rhizospherical soil (a) and rate of colonization mycorrhizae (b) of different forage grasses in Cerrado soils.....	25
Figure 2. Canonical correspondence analysis of the associated genera found in rhizospherical soil of different forage grasses in cerrado soil.	27

CAPÍTULO II

Figure 1. Collection points of rhizospherical soil samples of Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>), cerrado cashew (<i>Anacardium humile</i>) and Peki (<i>Caryocar brasiliense</i>) in cerrado soil in the state of Goiás.	38
Figure 2. Spore density (A) and mycorrhizal colonization rate (B) in Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>), cerrado cashew (<i>Anacardium humile</i>)and Peki (<i>Caryocar brasiliense</i>) in cerrado soil.	39
Figure 3. Heat density maps of mycorrhizal fungi spores in rhizospherical soil of Buriti (a), Cerrado Cashew(b)and Peki (c) in cerrado soil in the São Patrício Valley region in the state of Goiás.	41
Figure 4. Heat maps of mycorrhizal colonization rate in buriti roots (a), Cerrado Cashew(b)and Peki (c) in cerrado soil in the São Patrício Valley region in the state of Goiás.....	42
Figure 5. Shannon and Simpson ecological diversity index of the associated mycorzicos fungi identified in rhizoberico soil of Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>), cerrado cashew (<i>Anacardium humile</i>) and Peki (<i>Caryocar brasiliense</i>) in cerrado.....	44

Figure 6. Analysis of canonical correspondence of the associated genera identified in buriti rhizosphere (A), cerrado cashew(B) and Peki (C) in cerrado soil.	45
---	----

CAPÍTULO III

Figure 1. The five phytophysiognomies of the Cerrado Biome: Campo Limpo (a), Campo Sujo (b), Cerrado strictu sensu (c), Cerradão (d) and Veredas (e).....	3
Figure 2. Density of spores (A) and mycorrhizal colonization rate (B) in different cerrado phytophysiognomies. CL - Campo Limpo, CS - Campo Sujo, CE - Cerradão, SS - Strictu Sensu, VE - Veredas.....	5
Figure 3. Heat maps of spore density (a) mycorrhizal colonization rate (b) in roots in Cerrado soil of the São Patrício Valley region in Goiás.	6
Figure 4. Shannon and Simpson ecological diversity index of the genera of associated mycorzicosfungi identified in rhizospherical soil of different cerrado phytophysiognomies. CL - Campo Limpo, CS - Campo Sujo, CE - Cerradão, SS - Strictu Sensu, VE - Veredas.....	7
Figure 5. Canonical correspondence analysis of the associated genera identified in rhizosphere of different cerrado phytophysiognomies. CL - Campo Limpo (A), CS - Campo Sujo (B), CE - Cerradão (C), SS - Strictu Sensu (D), VE - Veredas (E).....	9

RESUMO

LUCAS, LEIDIANE DOS SANTOS. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – IF Goiano - Campus Rio Verde. Janeiro de 2021. Fungos Micorrízicos Arbusculares em Solo de Cerrado. Orientador: Dr. Aurélio Rubio Neto, Coorientador: Dr. Jadson Belém de Moura.

O Cerrado é um bioma que possui como principal característica florística uma diversidade de fitofisionomias compostas por paisagens que variam desde densas florestas tropicais a áreas compostas por vegetação rasteira e espécies arbóreas pouco adensadas. O cerrado pode ser classificado com cinco fitofisionomias, Campo Limpo, Campo sujo, Cerradão, Strictu sensu e Veredas. O entendimento da dinâmica de fungos micorrízicos no Cerrado é fundamental para a adoção de práticas conservacionistas e para o entendimento da resiliência deste domínio em relação a situações adversas, com isso, objetivou-se com este trabalho verificar a dinâmica da população micorrízica nas cinco fitofisionomias do domínio. Foram realizados três experimentos, aqui divididos em três capítulos. O primeiro se propôs a avaliar atividade micorrízica em gramíneas forrageiras em solo de cerrado. O Segundo a avaliar a biodiversidade e atividade micorrízica em Buriti, Cajuzinho do Cerrado e Pequi e o terceiro se propôs a avaliar a atividade micorrízica e biodiversidade em solos de diferentes fitofisionomias de cerrado na região do vale do São Patrício. No experimento 1, não foram verificadas diferenças na densidade de esporos na rizosfera das plantas estudadas; A forrageira *Brachiaria decumbens* teve maior taxa de colonização micorrízica e; A forrageira *Megathysus maximum* cv. Mombaça atingiu o menor valor estatístico. Os gêneros de fungos micorrízicos identificados são comumente encontrados em rizosfera em todas as gramíneas investigadas, com exceção dos gêneros *Gigaspora*, *Scutellospora* e *Sclerocysts*, e indica que a associação com estes gêneros de fungo é menos recorrente do que com as demais. No experimento 2, não foram verificadas diferenças entre os valores de densidade de esporos e taxa de colonização micorrízica nas três espécies investigadas, inferindo que a situação de estresse foi igual para todas, pois os fungos tiveram a mesma resposta. Foram identificados os gêneros *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis*, *Glomus*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Ambispora* e *Scrobiculata* na rizosfera de pequi, caju do cerrado e buriti. Com exceção de *Scrobiculata* e *Scutellospora*, todos os demais gêneros são comumente encontrados em buriti. Em caju do cerrado, os gêneros *Funneliformis*, *Sclerosystis* e *Scutellospora* têm menor afinidade. Já na rizosfera de pequi, somente o gênero *Gigaspora* possui baixa afinidade com a planta. No experimento 3, não foram verificadas diferenças entre os valores de densidade de esporos e taxa de colonização micorrízica nas fitofisionomias investigadas. Foram identificados os gêneros *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis*, *Glomus*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Ambispora* e *Scrobiculata* na rizosfera de plantas de cerrado das fitofisionomias investigadas. Campo Limpo teve maior afinidade com *Diversispora* e *Gigaspora*; Campo Sujo com *Gigaspora*, *Glomus* e *Ambispora*; já o Cerradão não teve afinidade com *Sclerovystis* e *Gigaspora*, Strictu Sensu com *Scutellospora* e *Funneliformis* e Veredas com *Scutellospora*.

Palavras-chave: FMA

ABSTRACT

LUCAS, LEIDIANE DOS SANTOS. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – IF Goiano - Campus Rio Verde. Janeiro de 2021. Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Cerrado Soil. Orientador: Dr. Aurélio Rubio Neto, Coorientador: Dr. Jadson Belém de Moura.

The Cerrado is a biome whose main floristic characteristic is a diversity of phytophysognomies made up of landscapes that range from dense tropical forests to areas of undergrowth and sparsely dense tree species. The cerrado can be classified according to five phytophysognomies, which differ according to the visual characteristics of the landscape, these phytophysognomies are Campo Limpo, Campo sujo, Cerradão, Strictu sensu and Veredas. Understanding the dynamics of mycorrhizal fungi in the Cerrado is essential to adopt conservation practices and to understand the resilience of this biome in relation to adverse situations. Therefore, this work aims to verify the dynamics of the mycorrhizal population in the five phytophysognomies of the Cerrado biome. Thus, the objective of this work was to evaluate the mycorrhizal activity in agroecosystems under Cerrado soil. Three experiments were carried out, here divided into three chapters. The first proposed to evaluate mycorrhizal activity in forage grasses in cerrado soil. The second was to assess the biodiversity and mycorrhizal activity in buriti, cerrado cashew and pequi and the third was to assess the mycorrhizal activity and biodiversity in soils of different cerrado phytophysognomies in the region of the são patricio valley. In experiment 1, there were no differences in spore density in the rhizosphere of the studied plants; The forage *Brachiaria decumbens* had the highest rate of mycorrhizal colonization while *Megathyrsus maximum* cv. Mombasa had the lowest ecstatic value. The identified mycorrhizal fungi genera are commonly found in the rhizosphere in all investigated grasses, except for the genera *Gigaspora*, *Scutellospora* and *Sclerocysts*, which indicates that the association with these fungus genera is less recurrent than with the others. In experiment 2, there was no statistical difference between the values of spore density and mycorrhizal colonization rate in the three investigated species. The genera *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis*, *Glomus*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Ambispora* and *Scrobiculata* were identified in the rhizosphere of pequi, cerrado cashew and buriti. Except for *Scrobiculata* and *Scutellospora*, all other genera are commonly found in Buriti. In cerrado cashew the genera *Funneliformis*, *Sclerosystis* and *Scutellospora* show less affinity. In the pequi rhizosphere, only the genus *Gigaspora* has low affinity with the plant. In experiment 3, there was no statistical difference between the values of spore density and mycorrhizal colonization rate in the investigated phytophysognomies. The genera *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis*, *Glomus*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Ambispora* and *Scrobiculata* were identified in the rhizosphere of cerrado plants of the investigated phytophysognomies. Campo Limpo showed greater affinity with *Diversispora* and *Gigaspora*; Campo Sujo with *Gigaspora*, *Glomus* and *Ambispora*; Cerradão, on the other hand, did not show affinity with *Sclerovystis* and *Gigaspora*, Strictu Sensu with *Scutellospora* and *Funneliformis* and Veredas with *Scrobiluata*.

Keywords: AMF

1. INTRODUÇÃO

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) são importante grupo de microrganismos do solo com capacidade de promover o crescimento das plantas superiores. Esses fungos formam associações simbióticas, conhecidas como micorriza, atuando como extensão das raízes, aumentando a capacidade do vegetal em absorver água e nutrientes, resistir a estresses físicos como aumento de temperatura e escassez de água e a estresses químicos como a presença de metais pesados e solos salinizados (LAPEYRIE; RANGER; VAIRELLES, 1991; AL-KARAKI; MCMICHAEL; ZAK, 2004; AROCA et al., 2013; MOURA; CABRAL, 2019), e em contrapartida, os fungos se beneficiam dos produtos fotossintéticos liberados pelas plantas (MOURA et al., 2019).

O Cerrado possui uma das maiores biodiversidades do planeta, com ambientes estressantes para o desenvolvimento de plantas. Com baixos níveis de nutrientes, principalmente fósforo, além do regime hídrico limitado, os vegetais dependem continuamente da atuação dos fungos micorrízicos para resistirem a tais condições, em que a associação entre fungos e plantas é considerada importante fator de resiliência a situações estressantes (THOMAZINI, 1974; PORCEL; RUIZ-LOZANO, 2004; HUNKE et al., 2015; MOURA et al., 2017).

Os fungos micorrízicos arbusculares são extremamente sensíveis a alterações ambientais, podendo atuar como bioindicadores de qualidade (SCHREINER, 2007; CARNEIRO et al., 2012), além de possuir papel importante na manutenção dos ecossistemas naturais e manejados (BERUDE et al., 2015). Ao observar o comportamento destes fungos no solo, pode-se compreender os impactos dos sistemas de manejo abordados, sendo possível criar metodologias de análises de impactos ambientais por meio da atividade de fungos micorrízicos arbusculares no solo.

São escassos os trabalhos que investigam a biodiversidade de fungos micorrízicos arbusculares associados a espécies nativas de Cerrado. É fundamental o entendimento da atividade dos fungos micorrízicos arbusculares em solos de Cerrado e da sua biodiversidade. Com isso, é preciso investigar a atividade micorrízica e a biodiversidade de fungos micorrízicos arbusculares em espécies nativas de Cerrado.

Os fungos micorrízicos arbusculares conseguem promover o crescimento das plantas e a agregação do solo, e a cerca de 80% das plantas são suscetíveis à formação de micorriza arbuscular. São essenciais em condições edáficas estressantes, como solos ácidos e distróficos, como a grande parte dos solos das regiões tropicais (JEFFRIES et

al., 2003; JOHNSON; PFLEGER, 1992a; MOURA et al., 2017; VENTURA et al., 2018).

Estes organismos são fundamentais na manutenção e na sustentabilidade de ecossistemas naturais, pois atuam em processos essenciais, como a promoção de crescimento vegetal, decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, solubilização de fosfato, absorção de água e de nutrientes (ANDRADE JÚNIOR et al., 2018; JEFFRIES et al., 2003; JOHNSON; PFLEGER, 1992; MARULANDA; AZCON; RUIZ-LOZANO, 2003; SOUZA et al., 2016). Compreender a dinâmica da associação simbiótica entre a planta e os fungos micorrízicos arbusculares também é fundamental para o desenvolvimento de práticas de manejo, visando o aumento da produtividade e da redução dos custos de produção (MOURA et al., 2019).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cerrado

O Cerrado é o segundo maior domínio brasileiro, estendendo por uma área de 2.045.064 km², abrangendo oito estados do Brasil Central: Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Bahia, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Piauí e o Distrito Federal (HUNKE et al., 2015). É cortado por três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul, com índices pluviométricos regulares que lhe propiciam sua grande biodiversidade. Estando atrás apenas da área ocupada pela Amazônia, o Cerrado hoje é considerado a última fronteira agrícola do planeta (BRAZ et al., 2004; KLINK; MACHADO, 2005). O clima da região é bem definido em chuvoso, de outubro a março, e seco, de abril a setembro (KLINK; MACHADO, 2005).

O Cerrado possui uma das maiores biodiversidades do planeta, por se tratar de um bioma de transição que está em contato geográfico direto com outros importantes biomas sul-americanos como Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Chacos Bolivianos (KLINK; MACHADO, 2005; TABER; NAVARRO; ARRIBAS, 1997). Os solos são muito antigos, intemperizados, profundos, ácidos, de baixa fertilidade, contudo possuem altos níveis de ferro e alumínio (KLINK; MACHADO, 2005) e, até a década de 1970, era considerado solo impróprio para a agricultura. A acidez do solo se deve, principalmente, pela baixa capacidade de troca de cátions, saturação por bases, afetando a quantidade de outros nutrientes, como fósforo (HOLZSCHUH, 2007; LUCIANO JUNIOR, 2018).

Os solos do Cerrado são, em grande parte, latossolos (HARIDASAN, 2000), principalmente Latossolo Vermelho-amarelo e Latossolo vermelho, e em menor parte Neossolos Quartzarênicos, Argissolos, Plintossolos e Gleissolos (EMBRAPA, 1999). São solos porosos, de estrutura solta predispostos a erosão hídrica e eólica (WALTER, 2006).

A vegetação que compõe o Cerrado compreende fisionomias que variam entre formações florestais, savânicas e campestres. As formações florestais são subdivididas em: Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão. As formações savânicas abrangem quatro tipos de vegetações principais: Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda. As formações campestres abrangem três tipos de vegetações principais: Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre (RIBEIRO; WALTER, 2008).

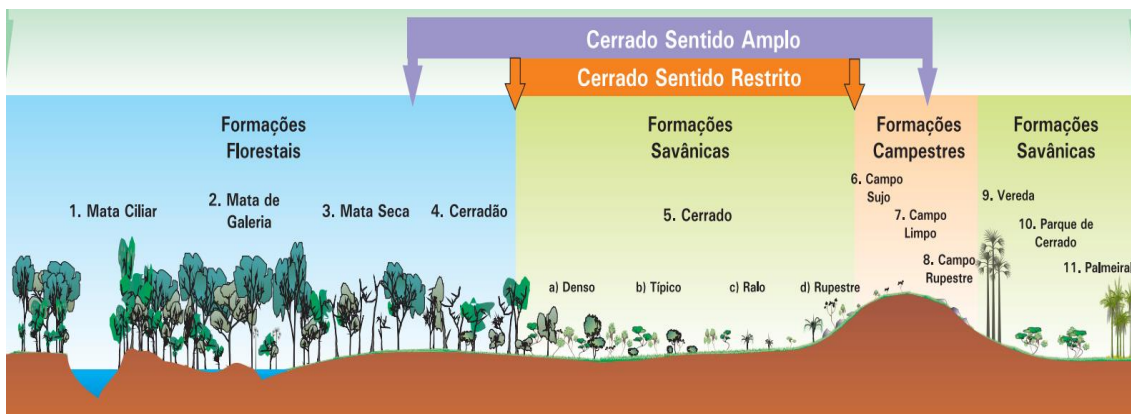


Figure 1 – Fitofisionomias do domínio Cerrado (SANO; ALMEIDA; RIBEIRO, 2008).

Os Cerrados são domínios que naturalmente oferecem condições estressantes para o desenvolvimento de plantas. Com baixos níveis de fósforo e regime hídrico limitado, os vegetais dependem diretamente da atuação dos fungos micorrízicos para resistirem a tais condições, atribuindo à associação entre fungos e plantas um importante fator de resiliência para situações estressantes (HUNKE et al., 2015; MOURA et al., 2017; PORCEL; RUIZ-LOZANO, 2004; THOMAZINI, 1974).

2.2. Fungos micorrízicos arbusculares

O solo é o habitat de milhares de microrganismos que possuem diversos tipos de relações tróficas com as plantas (MOURA et al., 2018). Os fungos e bactérias são os principais grupos de microrganismos que podem ser encontrados vivendo no solo, alguns destes habitam a rizosfera (KONG, 2017), e podem ser classificados como promotores do crescimento e da sanidade vegetal, pois trazem inúmeros benefícios aos vegetais associados (LIM; KIM, 2013).

A micorriza é uma associação simbiótica entre fungos do solo e plantas superiores, e, os fungos recebem produtos da fotossíntese vegetal, e, em contrapartida, atuam no solo como extensão da raiz na absorção de água e nutrientes (MOURA et al., 2019). Os benefícios da associação simbiótica dos fungos micorrízicos com os vegetais vão muito além do incremento na área de exploração no solo, como resistência a estresse hídrico, incremento na absorção de fósforo, aumento na tolerância a estresse (AL-KARAKI; MCMICHAEL; ZAK, 2004; EZAWA; SAITO, 2018; GARG; PANDEY, 2014; LEYVAL; TURNAU; HASELWANDTER, 1997).

Os fungos micorrízicos podem ser divididos em dois grupos, aqueles que formam estruturas dentro da raiz das plantas, chamados de fungos endomicorrízicos, e aqueles que não formam estruturas intracelulares, classificados como fungos ectomicorrízicos (WU, 2017). Os fungos endomicorrízicos, ao colonizarem as raízes das plantas formam

uma estrutura chamada arbúsculo, e esta estrutura tem como função a comunicação direta entre o fungo e a planta, com a troca mais eficiente de nutrientes e elementos absorvidos pelo fungo no solo. Por conta desta estrutura estes fungos também são conhecidos como fungos micorrízicos arbusculares (MIRANDA, 2008), e são os mais comuns encontrados em áreas de Cerrado.

As hifas fúngicas desempenham o papel de absorção de água e nutrientes, atuando como extensão do sistema radicular da planta colonizada. Normalmente as raízes dos vegetais são limitadas a um espaço geográfico muito inferior ao espaço alcançado pelos micélios dos fungos micorrízicos, pois as hifas têm diâmetro menor, que facilita a sua disseminação (SCHUBERT; HAYMAN, 1986). Os esporos são estruturas de resistência dos fungos e são produzidos nas hifas mais grossas (HAYMAN, 1978; MIRANDA, 2013), e os esporos podem sobreviver por alguns anos no solo (SIEVERDING, 1991; WILSON; TOMMERUP, 1992; MIRANDA, 2013). As vesículas são corpos arredondados e são considerados os órgãos de armazenamento dos fungos micorrízicos arbusculares (HOFFMANN; LUCENA, 2006).

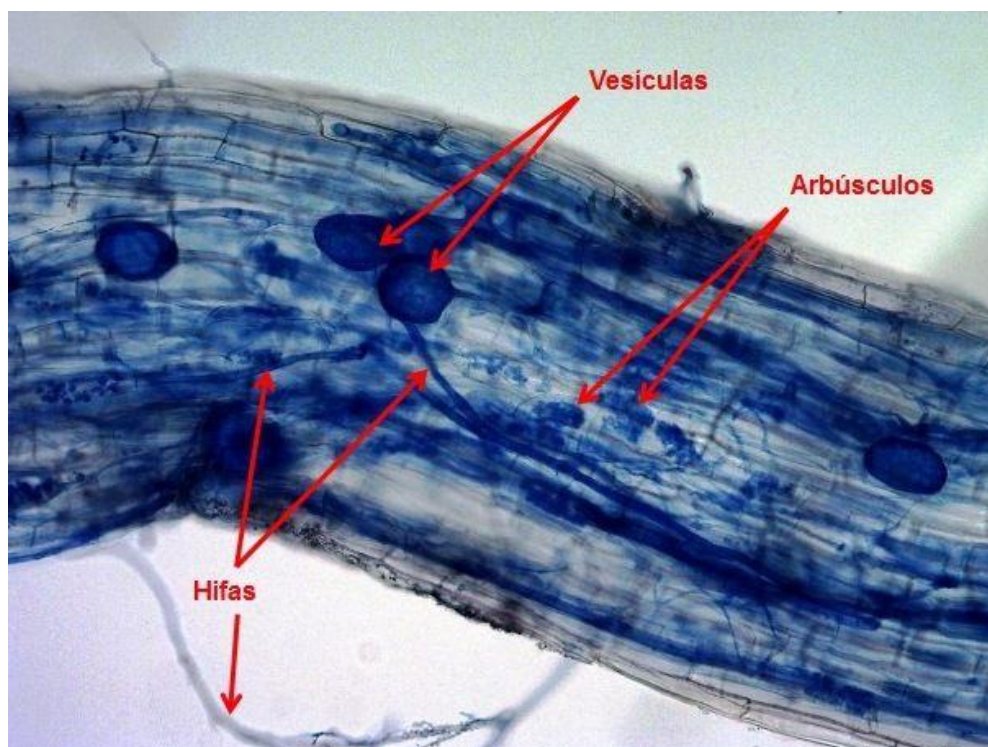


Figure 2 – Estruturas de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de plantas hospedeiras (NUNES, 2016).

Este grupo de fungos forma associação simbiótica com aproximadamente 80% dos vegetais, não havendo segregação de famílias ou ordens específicas (AN et al., 2010), e, uma mesma espécie de fungo pode colonizar mais de uma espécie vegetal ao

mesmo tempo. Devido a isso, plantas distantes, através de sinais transmitidos pelos fungos micorrízicos conseguem antever ataques de pragas e doenças, fenômeno denominado *wood wide web* (GIOVANNETTI et al., 2006; HELGASON et al., 1998).

Os fungos micorrízicos arbusculares pertencem à classe Zigomicota, ordem Glomales, com duas subordens, Gigasporineae e Glomineae. A subordem Gigasporineae é composta pela família Gigasporaceae, que possui dois gêneros: *Gigaspora* e *Scutellospora*. Já a subordem Glomineae é composta por duas famílias: Glomaceae, que possui dois gêneros: *Glomus* e *Sclerocystis*, e a família Acaulosporaceae, também com dois gêneros: *Acaulospora* e *Entrophospora* (DOUDS JR; MILLNER, 1999; SILVEIRA; FREITAS, 2007; INVAM, 2014).

Algumas espécies de fungo realizam associações simbióticas obrigatórias com os vegetais, ou seja, somente completam seu ciclo se associadas às raízes de plantas hospedeiras (VARMA; PRASAD; TUTEJA, 2017). A maioria das espécies de fungos micorrízicos desenvolve relação mutualística facultativa com o vegetal, atuando como decompositor de matéria orgânica quando não está associado (HORTON, 2015).

De acordo com Pirozynski (1981), a associação micorrízica com vegetais superiores teria iniciado sua evolução nas regiões tropicais, contudo, hoje é relatada sua presença em diferentes regiões do planeta (ALIASGHARZADEH et al., 2001; GEHRING; CONNELL, 2006; KHAN, 1993; MOURA et al., 2017; MUTHUKUMAR; UDAIYAN; SHANMUGHAVEL, 2004; VESTBERG, 1995). Das 79 espécies de fungos micorrízicos arbusculares encontrados nos biomas brasileiros, 67% foram identificadas em solos da região do Cerrado (MOREIRA; SIQUEIRA; BRUSSAARD, 2006; MOURA, 2015).

2.3. Fungos micorrízicos no Cerrado

Os Cerrados são ambientes que naturalmente oferecem condições estressantes para o desenvolvimento de plantas. Com baixos níveis de fósforo e regime hídrico limitado, os vegetais dependem diretamente da atuação dos fungos micorrízicos para resistirem a tais condições, atribuindo à associação entre fungos e plantas um importante fator de resiliência a situações estressantes (HUNKE et al., 2015; MOURA et al., 2017; PORCEL; RUIZ-LOZANO, 2004; THOMAZINI, 1974).

Os fungos micorrízicos formam associações com a maioria das plantas terrestres. Levantamentos realizados no domínio Cerrado mostram que esses microrganismos

realizam simbiose com diversas plantas nativas, em que 67% das 79 espécies encontradas no Brasil foram identificadas nos solos do Cerrado (MOREIRA; SIQUEIRA; BRUSSAARD, 2006; MOURA, 2015).

Segundo Vieira Junior et al (2020), a população de fungos micorrízicos no domínio Cerrado sofre maior influência pelas estações do ano do que pelas fitofisionomias. Os autores ainda observaram que a porcentagem de colonização e a densidade de esporos foram maiores durante o período de seca, reforçando a importância dos fungos micorrízicos na resistência das plantas ao déficit hídrico. Pontes et al., (2017) concluíram que a conversão de áreas naturais de Cerrado em áreas de cultivo levaram a redução na densidade de esporos e na composição das espécies de fungos micorrízicos. Moura et al., (2019) encontraram sete gêneros de fungos micorrízicos associados a bambu em solo de Cerrado, sendo eles *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Scutellospora*, *Glomus*, *Gigaspora* e *Sclerocytis*.

2.4. Espécies forrageiras e plantas de cobertura

O sistema de plantio direto se tornou uma forma de manejo sustentável nos sistemas agropecuários, que tem como objetivo a conservação do solo e da água (CRUZ et al., 2006). Uma das práticas para plantio direto bem-sucedido é a cobertura do solo com palhada, que pode ser tanto com gramíneas quanto com leguminosas. O uso de plantas com baixa relação carbono/nitrogênio, como as gramíneas, leva ao maior tempo de cobertura do solo, pois demoram mais para se decompor (ANDRADE JUNIOR et al., 2018). Além disso, as gramíneas possuem vasto sistema radicular, auxiliando na reestruturação física do solo e consequentemente na sua qualidade, assim como no aumento da atividade microbiana do solo (MARCHÃO et al., 2007; ANDREOLLA, 2010), e os fungos micorrízicos são importantes indicadores quanto a sanidade vegetal, ou seja, excelentes indicativos de impactos em sistemas de manejo (JADSON, 2015).

As plantas forrageiras são colonizadas espontaneamente por fungos micorrízicos (MIRANDA, 2013), e se beneficiam dos mesmos em condições de estresse nutricional ou durante períodos específicos ciclo de vida da planta, como durante a fase de estabelecimento (HARTNETT; WILSON, 2002; MIRANDA et al., 2005; MIRANDA 2013). O número de esporos e a colonização das raízes em espécies forrageiras gramíneas são maiores do que em leguminosas anuais, e essa diferença pode estar relacionada à morfologia das raízes. A inoculação de fungos micorrízicos em forrageiras aumenta a biomassa das plantas e o conteúdo de fósforo e nitrogênio

(GAUR; ADHOLEYA, 2002).

2.5. Caju

Uma das plantas nativas de Cerrado mais conhecidas e utilizadas é o caju-do-cerrado (*Anacardium humile*), e se diferencia das outras espécies pelo seu porte arbóreo se tornando de grande importância econômica na região Centro-Oeste (CORREA et al., 2008; ALBERTO, 2013). A parte carnosa do caju, que é o pseudofruto ou pedúnculo, é muito apreciada no Brasil para consumo *in natura* ou processado (bebidas, doces, sorvetes e pratos salgados) pelo sabor especial e pelo alto valor nutritivo, sendo rico em ferro, zinco e cálcio, além de possuir elevado teor de vitamina C (SILVA et al., 2008; ALBERTO, 2013). A produção de caju no Brasil em 2020 foi de 138,7 mil toneladas e para o ano de 2021 está estimada em 123,2 mil toneladas, sendo a região Nordeste responsável por, aproximadamente, 99% desta produção (CONAB, 2021).

Uma alternativa para aumentar a produção de caju é a inoculação de mudas com microrganismos, dentre eles, fungos micorrízicos. Pelo fato desses microrganismos auxiliarem no crescimento das plantas inoculadas, aumentando a disponibilidade de fósforo e água (PICOLLI et al., 2011; KOCHAR et al., 2011; ALBERTO 2013).

Ao estudar a biodiversidade de fungos micorrízicos associados ao caju em Benin, na África Ocidental, Balogoun et al (2015) identificaram sete espécies (*Scutelospora gregarine*, *Acaulospora colossica*, *Acaulospora lacunosa*, *Entrophospora infrequens*, *Glomus hoi*, *Glomus geosporum* e *Glomus sp*), quatro gêneros (*Scutelospora*, *Acaulospora*, *Entrophospora* e *Glomus*) e três famílias (*Gigasporaceae*, *Acaulosporaceae* e *Glomeraceae*), sendo o gênero *Glomus* o maior número de espécies encontradas. A inoculação com fungos micorrízicos em mudas de caju proporciona melhores respostas quando comparadas com mudas não inoculadas (ANANTHAKRISHNAN et al., 2004). Os fungos micorrízicos colonizam raízes de plantas de caju, armazenam lipídios em hifas e vesículas e, além disto, formam arbúsculos, estrutura de comunicação entre o fungo e a planta (FARIA et al., 2016).



Figure 3 – Árvore e frutos de caju (PIRENÓPOLIS, 2021).

2.6. Pequi

O pequi (*Caryocar brasiliense*) é um fruto típico do Cerrado. Seu nome vem do Tupi e significa “casca espinhenta” (ALMEIDA E SILVA; 1994). O pequizeiro é uma árvore que pode chegar a 12 metros de altura. Possui folhas grandes, composta por três grandes folíolos, com as pontas entrecortadas e revestidas por uma penugem. O fruto pode variar de tamanho, com casca verde, polpa amarela e revestido por uma camada de espinhos finos (SANTOS et al., 2013). O pequi, de todos os frutos nativos do Cerrado, é o mais consumido e comercializado, e o mais bem estudado nos aspectos nutricional, ecológico e econômico. A polpa é rica em vitaminas C, A, E e carotenoides e o caroço produz um óleo com ação anti-inflamatória, cicatrizante e gastroprotetora (AFONSO; CARVALHO, 2009; SANTOS et al., 2013).

O pequi é bastante consumido nos estados de Goiás e Minas Gerais, sendo importante fonte de renda para populações agroextrativistas locais. Durante este período de crise sanitária, a comercialização dos frutos está sendo uma forma de renda complementar para feirantes e produtores (CONAB, 2021). Para alguns comerciantes e extrativistas, a renda pode chegar a 80% durante o período produtivo do fruto

(OLIVEIRA et al., 2008).

Após realizar levantamentos em solos de Cerrado, foi possível constatar que os fungos micorrízicos formam simbiose com diversas plantas nativas da região, entre elas, o pequi (MIRANDA, 2012). Ainda, segundo dados demonstrados pela autora, plantas de pequi após 6 meses de inoculação com fungos micorrízicos teve acréscimo de 20% na produção de matéria seca em relação a plantas não inoculadas.



Figure 4 – Árvore e flores de pequi (BONNET; CURCIO, 2016).

2.7. Buriti

O buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é uma palmeira da família Arecaceae, que vegeta nas regiões alagadas e úmidas do Centro, Norte e Nordeste do Brasil. Na Região dos Cerrados, ela aparece nas regiões baixas e úmidas, denominadas popularmente por veredas. Tem importância ornamental e estratégica na preservação da fauna, uma vez que seus frutos são fonte de alimentos para várias aves e mamíferos. Além disso, os frutos têm grande utilização na culinária regional, no preparo de doces e geleias e na extração do óleo. Os frutos são ricos em vitamina A, B, C e E, sendo uma das frutas com maior conteúdo de vitamina A no mundo. (ALBUQUERQUE et al., 2005; DE ALMEIDA; DA SILVA, 1994; SPERA; CUNHA; TEIXEIRA, 2001).

O buriti tem grande importância econômica, pois dele se aproveita das folhas até as raízes. É utilizado na produção de cestos, bolsas, vassouras, móveis, brinquedos, doces, sucos, óleos, artesanatos e remédios. A comercialização desses produtos é uma das principais rendas para muitas famílias, e a renda pode chegar a aproximadamente R\$ 10.000,00 reais durante o período da safra (SAMPAIO, 2011).

O buriti auxilia na qualidade da água e a manter a quantidade de água nas veredas,

sendo importante para as pessoas que moram próximas a esses locais. Contudo, existem animais que também dependem dessas plantas, que servem de morada e seus frutos de alimento (SAMPAIO, 2011).

As espécies de fungos micorrízicos *Glomus manihotis*, *Entrophospora colombiana* e *Glomus etunicatum* têm demonstrado eficiência no crescimento de espécies arbóreas nativas do Cerrado, dentre elas, o buriti (FLORES-AYLAS et al., 2003; PARRON; CAUS, 2001; POUYU-ROJAS et al., 2006; MIRANDA, 2012). Plantas de buriti inoculadas com fungos micorrízicos tiveram altura e produção de massa seca da parte aérea, com aumento de 43% em relação às plantas de buriti não inoculadas (MIRANDA, 2012). A simbiose entre fungos micorrízicos e buriti permite que sejam cultivadas próximas a aldeias indígenas (PENN 1999; HORN et al., 2012, ARNEAUD; DUNCAN, 2019). Segundo Arneaud e Duncan (2019) palmeiras na presença de fungos micorrízicos têm maior probabilidade de sobreviver em condições de estresse. Os autores ainda afirmam que, atualmente, não há uma lista de identificação de fungos micorrízicos associados ao Buriti.

É de fundamental importância o conhecimento da biodiversidade dos fungos associados às plantas de Cerrado, que pode trazer entendimento sobre os processos biogeoquímicos deste bioma.



Figure 5 – Cacho de frutos de buriti (CERRATINGA, 2021).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, S. R.; CARVALHO, I. S. H. **A cadeia produtiva do pequi no norte de Minas Gerais**. Brasília: PESCO/IEB/PPP-Ecos, 2009. 42 p.

ALBERT, E. S. R.; SATHIANESAN, M. S. Studies on The Status of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on The Fodder Crop *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Tropical Life Sciences Research**, v. 20, n. 1, p. 99-109, 2009.

ALBERTO, P. S. **Diversidade de Fungos Endofíticos de *Anacardium othonianum* Rizzini e seu Potencial Biotecnológico**. 2013. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia) apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio Verde, 2013.

ALBUQUERQUE, M. L. S.; GUEDES, I.; ALCANTARA JUNIOR, P.; MOREIRA, S. G. C.; BARBOSA NETO, N. M. B.; CORREA, D. S.; ZILIO, S. C. Characterization of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil by absorption and emission spectroscopies. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 16, n. 6a, p. 1113–1117, 2005.

ALIASGHARZADEH, N. et al. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz Plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil. **Mycorrhiza**, v. 11, n. 3, p. 119–122, 2001.

AL-KARAKI, G.; MCMICHAEL, B.; ZAK, J. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. **Mycorrhiza**, v. 14, n. 4, p. 263–269, 2004.

ALMEIDA, S. P.; DA SILVA, J. A. **Piqui e buriti: importância alimentar para a população dos cerrados**. Embrapa Cerrados-Documents v. 54, 1994. 38 p.

AN, G. H. et al. How does arbuscular mycorrhizal colonization vary with host plant genotype? An example based on maize (*Zea mays*) germplasms. **Plant and Soil**, v. 327, n. 1, p. 441–453, 2010.

ANANTHAKRISHNAN, G.; RAVIKUMAR, R.; GIRIJA, S.; GANAPATHI, A. Selection of efficient arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of cashew and their application in the cashew nursery. **Scientia Horticulturae**, v. 100, n. 1-4, p. 369-375, 2004.

ANDRADE JÚNIOR, J.A.; SOUZA, B. R.; SOUZA, R. F.; MOURA, J. B. Fixação de carbono em sistemas agroecológicos na região do Vale do São Patrício, Goiás. **Científic@ - Multidiscip Journal**, v. 5, n. 2, p. 85–98, 2018.

ANDREOLLA, V.R.M. Integração lavoura-pecuária: atributos físicos do solo e produtividade das culturas do feijão e milho. 2010. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

AQUINO, P. S. R.; NAPPO, M. E.; RODRIGUES, M. S.; PEREIRA, I. M.; MATRICARDI, E. A. T.; PELA, G. M. Análise espacial da produtividade de serrapilheira em uma mata de galeria. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 489-500, 2016.

ARNEAUD, L. L.; DUNCAN, E. J. Preliminary Checklist of Endomycorrhizal Fungi

Associated with *Mauritia flexuosa* L.f. (Arecaceae, Calamoideae) in Trinidad, W.I. **living world. J Trinidad Tobago Field Naturalists' Club**, v, 01, p. 01-06, 2019.

AROCA, R.; RUIZ-LOZANO, J. M.; ZAMARREÑO, A. M.; PAZ, J. A.; GARCIA-MINA, J. M.; POZO, M. J.; LOPEZ-RAEZ, J. A. Arbuscular mycorrhizal symbiosis influences strigolactone production under salinity and alleviates salt stress in lettuce plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 170, n. 1, p. 47–55, 2013.

BALOGOUN, I.; SAIDOU, A.; KINDOHOUNDE, N. S.; AHOTON, E. L.; AMADJI, G. L.; AHOHUENDO, B. C.; BABATOUNDE, S.; CHOUGOUROU, D.; BABA-MOUSSA, L.; AHANCHEDE, A. Soil Fertility and Biodiversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated with Cashew's (*Anacardium occidentale* L.) Cultivars Characteristics in Benin (West Africa). **International Journal of Plant e Soil Science**, v. 5, n. 1, p. 50-63, 2015.

BERUDE, M. C.; ALMEIDA, D. S.; RIVA, M. M.; CABANEZ, P. A.; AMARAL, A. A. Micorrizas e sua Importância Agroecológica. **Enciclopédia biosfera**, v. 11, n. 22, p. 132-146, 2015.

BONNET, A.; CURCIO, G. R. (2016). **Uso de espécies arbóreas nativas para a propriedade rural e mercado regional na região de Goiânia, GO**. Embrapa Florestas-Comunicado técnico, 2016, 15 p.

BRAZ, S. P.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. **Degradação de Pastagens, Matéria Orgânica do Solo e a Recuperação do Potencial Produtivo em Sistemas de Baixo “Input” Tecnológico na Região dos Cerrados**. Seropédica,: Embrapa Agrobiologia, 2004. 8 p.

BURITI. **Cerratinga**, Brasília, 04 set. 2021. Disponível em: <<https://www.cerratinga.org.br/especies/buriti/>>. Acesso em: 21 dez. 2021.

CAJU. **Cerratinga**, Brasília, 04 set. 2021. Disponível em: <<https://www.cerratinga.org.br/especies/caju/>>. Acesso em: 21 dez. 2021.

CARNEIRO, R. F. V.; CARDOZO JUNIOR, F. M.; PEREIRA, L. F.; ARAUJO, A. S. F.; SILVA, G. A. Fungos Micorrízicos Arbusculares como indicadores da recuperação de áreas degradadas no Nordeste do Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 648-657, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Análise Mensal Castanha de Caju**, Maio 2021, p.1-15, 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim da Sociobiodiversidade**, v.5, n.1, Brasília, p.1-25, 2021. ISSN 2527-1598.

CORREA, G. C.; NAVES, R. V.; ROCHA, M. R.; CHAVES, L. J.; BORGES, J. D. Determinações Físicas em frutos e sementes de Baru (*Dipteryx alta* Vog.), Cajuzinho (*Anacardium othonianum* Rizz.) e Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), visando melhoramento genético. **Bioscience Journal**, n. 4, v. 24, p. 42-47, 2008.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M.

M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. Manejo da Cultura do Milho em Sistema de Plantio Direto. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 233, p. 42-53, 2006.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EZAWA, T.; SAITO, K. How do arbuscular mycorrhizal fungi handle phosphate? New insight into fine-tuning of phosphate metabolism. **New Phytologist**, v. 220, n. 4, p. 1116-1121, 2018.

FARIA, P. S. A.; SENABIO, J. A.; SOARES, M. A.; SILVA, F. G.; CUNHA, A. P. A.; SOUCHIE, E. L. ASSESSMENT OF FUNCTIONAL TRAITS IN THE ASSEMBLAGE OF ENDOPHYTIC FUNGI OF *ANACARDIUM OTHONIANUM* RIZZINI. **Pakistan Journal of Botany**, v. 48, n. 03, p. 1241-1252, 2016.

FLORES-AYLAS, W. W.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 257-266, 2003.

GARG, N.; PANDEY, R. Effectiveness of native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi on nutrient uptake and ion homeostasis in salt-stressed *Cajanus cajan* L. (Millsp.) genotypes. **Mycorrhiza**, v. 25, n. 03, p. 165-180, 2014.

GAUR, A.; ADHOLEYA, A. Arbuscular-mycorrhizal inoculation of five tropical fodder chops and inoculum production in marginal soil amended with organic matter. **Biology and Fertility of Soil**, v. 35, n. 3, p. 214-218, 2002.

GEHRING, C. A.; CONNELL, J. H. Arbuscular mycorrhizal fungi in the tree seedlings of two Australian rain forests: occurrence, colonization, and relationships with plant performance. **Mycorrhiza**, v. 16, n. 2, p. 89-98, 2006.

GIANINAZZI-PEARSON, V. et al. Cellular and molecular approaches in the characterization of symbiotic events in functional arbuscular mycorrhizal associations. **Canadian Journal of Botany**, v. 73, n. S1, p. 526-532, 1995.

GIOVANNETTI, M. et al. At the Root of the Wood Wide Web. **Plant Signaling & Behavior**, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2006.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 01, p. 54-54, 2000.

HAYMAN, D. S. Endomycorrhizae. In: DOMMERGUES, Y. R.; KRUPA, S. V. (Ed.). Interactions between non-pathogenic soil microorganisms and plants. **Elsevier**, 1978. p. 401-458.

HELGASON, T. et al. Ploughing up the wood-wide web? **Nature**, v. 394, n. 6692, p. 431-431, 1998.

HOLZSCHUH, J. M., Eficiência de calcário calcítico e dolomítico na correção da acidez de solos sob plantio direto. 2007. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

HORN, C. M.; GILMORE, M. P.; ENDRESS, B. A. Ecological and Socio-economic Factors Influencing Aguaje *Mauritia flexuosa* Resource Management in Two Indigenous Communities in the Peruvian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 267, p. 93-103, 2012.

HUFFMANN, L. V.; LUCENA, V. S. Embrapa Algodão. **Para entender Micorrizas Arbusculares**. 1ª ed. Campina Grande, PB,: Embrapa, 2006. 22 p.

HUNKE, P.; MUELLER, E. N.; SCHRODER, B.; ZEILHOFER, P. The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use. **Ecohydrology**, v. 8, n. 6, p. 1154–1180, 2015. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eco.1573>>. Acesso em: 29 out. 2021.

INVAM. **International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi | West Virginia University**. Disponível em: <<https://invam.wvu.edu/>>. Acesso em: 13 out. 2021.

JOHNSON, N. C.; PFLEGER, F. L. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. **Mycorrhizae in Sustainable Agriculture**, v. 54, p. 71-79, 1992.

KHAN, A. G. Occurrence and importance of mycorrhizae in aquatic trees of New South Wales, Australia. **Mycorrhiza**, v. 3, n. 1, p. 31–38, maio 1993.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 01, n. 01, p. 147-155, 2005.

KONG, B. **Study of the microbial community structure in the rhizosphere of understory dwarf bamboo (*Sasa kurilensis*) in a *Betula ermanii* forest, northern Japan**. 2017. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais), apresentada a Hokkaido University, 2017.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. **Fungal Reactions to Plants Prior to Mycorrhizal Formation. In: Mycorrhizal Functioning: An Integrative Plant-Fungal Process**. Springer Science & Business Media, 1992.

LAPEYRIE, F.; RANGER, J.; VAIRELLES, D. Phosphate-solubilizing activity of ectomycorrhizal fungi in vitro. **Canadian Journal of Botany**, v. 69, n. 2, p. 342–346, 1991.

LEYVAL, C.; TURNAU, K.; HASELWANDTER, K. Effect of heavy metal pollution on mycorrhizal colonization and function: physiological, ecological and applied aspects. **Mycorrhiza**, v. 7, n. 3, p. 139–153, 1997.

LIM, J.-H.; KIM, S.-D. Induction of Drought Stress Resistance by Multi-Functional PGPR *Bacillus licheniformis* K11 in Pepper. **Plant Pathol. J**, v. 29, n. 2, p. 201–208, 2013.

LUCIANO JUNIOR, G. S. **Influência de relações cálcio/magnésio em calcários no rendimento de massa seca de culturas em casa-de-vegetação**. 2018. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) apresentada a Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, 2018.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.873-882, 2007.

MARULANDA, A.; AZCON, R.; RUIZ-LOZANO, J.M. Contribution of six arbuscular mycorrhizal fungal isolates to water uptake by *Lactuca sativa* plants under drought stress. **Physiologia Plantarum**, v. 119, n. 4, p. 526–533, 2003.

MIRANDA, J. C. C. Embrapa Cerrados. **Cerrado: Micorríza Arbuscular: Ocorrência e manejo**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 173 p.

MIRANDA, J. C. C. Embrapa Cerrados. **Cerrado: Micorriza Arbuscular, Ocorrência e Manejo**. 1ª ed. Brasília, DF.: Embrapa, 2008. 169 p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. 1 ed. CABI Publishing, 2006.

MOURA, J. B. DE; CABRAL, J. S. R. **Mycorrhiza in Central Savannas: Cerrado and Caatinga. In: Mycorrhizal Fungi in South America**. Switzerland AG: Springer International Publishing, 2019, p. 193-202.

MOURA, J. B. **Diversidade e colonização micorrízica em diferentes usos do solo no Cerrado**.2015. 112 f. Tese (Doutorado em Agronomia) apresentada a Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MOURA, J. B. VENTURA, M. V. A.; VIEIRA JUNIOR, W. G.; SOUZA, R. F.; LOPES FILHO, L. C.; BRAGA, A. P. M.; MATOS, D. J. C.; ROCHA, E. C. V. Microbial diversity as a soil quality indicator in agroecosystems in Brazilian Savannas. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 25, p. 1306–1310, 2018.

MOURA, J. B.; SOUZA, R. F.; VIEIRA JUNIOR, W.G.; LIMA, I. R.; BRITO, G. H. M; MARIN,C. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated with Bamboo Under Cerrado Brazilian Vegetation. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 19, n. 4, p. 954-962, 2019.

MOURA, J. B.; VALENTIM, N. M.; VIEIRA JUNIOR, W. G.; VENTURA, M. V. A. TAXA DE COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NO CERRADO EM CANA-DE-AÇÚCAR. **Revista Diálogos e Ciência**, v. 2, n. 40, p. 60–66, 2017.

MUTHUKUMAR, T.; UDAIYAN, K.; SHANMUGHAVAL, P. Mycorrhiza in sedges - an overview. **Mycorrhiza**, v. 14, n. 2, p. 65–77, 2004.

NUNES, J. L. S. Nutrição via raízes – Absorção radicular. **Agrolink**, 2016. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutricao-via-raizes---absorcao-radicular_361459.html>.

OLIVEIRA, M. E. B.; GUERRA, N. B.; BARROS, L. M.; ALVES, R. E. **Aspectos Agronômicos e de Qualidade do Pequi**, Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, v. 113, 33 p. 2008.

PARRON, L. M.; CAUS, J. F. **Produção de mudas de espécies arbóreas de Matas de Galeria: substrato e inoculação com fungos micorrízicos.** In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SILVA, J. C. S. (Ed.). Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 735-769.

PENN, J.W. **The aguaje palm (*Mauritia flexuosa* Lf): examining its role as an agroforestry species in a community conservation project.** 1999, University of Florida.

PICCOLI P.; TRAVAGLIA, C.; COHEN, A.; SOSAL, L.; CORNEJO, P.; MASUELLI, R.; BOTTINI, R. An endophytic bacterium isolated from roots of the halophyte *Prosopis strombulifera* produces ABA, IAA, gibberellins A1 and A3 and jasmonic acid in chemically-defined culture medium. **Plant Growth Regulation**, v. 64, n. 2, p. 207-210, 2011.

PIROZYNSKI, K. A. Interactions between fungi and plants through the ages. **Canadian Journal of Botany**, v. 59, n. 10, p. 1824–1827, 1981.

PORCEL, R.; RUIZ-LOZANO, J. M. Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation, and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1743–1750, 2004.

POUYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J. O.; SANTOS, J. G. D. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 413-424, 2006.

RIBEIRO, J. P.; WALTER, M. T. **Fitofisionomias do Bioma Cerrado.** In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa, 1998. p. 89-166.

RIBEIRO, J. P.; WALTER, M. T. **As principais fitofisionomias do bioma Cerrado.** In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa, 2008. p.

SAMPAIO, M. B. **Boas Práticas de Manejo Para o Extrativismo Sustentável do Buriti.** Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2011.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora.** 1ª ed. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

SANTOS, E. V.; GUILHERME, F. A. G.; BARBOSA, G. R. B.; CARNEIRO, S. E. S. Morfologia, composição florística e fitossociologia de uma vereda no sudoeste de Goiás. **Geoambiente**, n. 31, p. 137-159, 2018.

SANTOS, F. S.; SANTOS, R. F.; DIAS, P. P.; ZANÃO JUNIOR, L. A.; TOMASSONI, F. A cultura do Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Acta Iguazu**, v. 02, n. 03, p. 46-57, 2013.

SCHREINER, R. P. Effects of native and nonnative arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of ‘Pinot noir’ (*Vitis vinifera* L.) in two soils with contrasting levels of phosphorus. **Applied Soil Ecology**, v. 36, n. 02, p. 205-215, 2007.

SCHUBERT, A.; HAYMAN, D. S. Plant Growth Responses to Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza. **New Phytologist**, v. 103, n. 1, p. 79–90, 1986.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1991. 371 p.

SILVA, M. R.; LACERDA, B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, v. 8, n. 6, p. 1790-1793, 2008.

SOUZA, B.R.; MOURA, J.B.; OLIVEIRA, T.C.; RAMOS, M. L.G.; LOPES FILHO, L.C. Arbuscular Mycorrhizal fungi as indicative of soil quality in conservation systems in the region of vale do São Patrício, Goiás. **International Journal of Current Research**, v. 8, n. 12, p. 43307-43311, 2016.

SPERA, M. R. N.; CUNHA, R. DA; TEIXEIRA, J. B. Quebra de dormência, viabilidade e conservação de sementes de buriti (*Mauritia flexuosa*). **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, n. 12, p. 1567–1572, 2001.

TABER, A.; NAVARRO, G.; ARRIBAS, M. A. A new park in the Bolivian Gran Chaco – an advance in tropical dry forest conservation and community-based management. **Oryx**, v. 31, n. 3, p. 189, 1997.

THOMAZINI, L. I. Mycorrhiza in plants of the ‘Cerrado’. **Plant and Soil**, v. 41, n. 3, p. 707–711, 1974.

VENTURA, M. V.A.; MOURA, J. B.; SOUZA, R. F.; VIEIRA JUNIOR, W. G.; ROCHA, E. C. V.; SILVA, J. C. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi in the establishment of pre-broken sugar cane summary. **Agriculture e Florestre**, v. 64, n. 3, p. 149–157, 2018.

VESTBERG, M. Occurrence of some Glomales in Finland. **Mycorrhiza**, v. 5, n. 5, p. 329–336, 1995.

VIEIRA JÚNIOR, W. G.; MOURA, J. B.; SOUZA, R. F.; BRAGA, A. P. M; MATOS, D. J. C.; BRITO, G. H. M.; SANTOS, J. M.; MOREIRA, R. M.; SILVA, S. D. Seasonal Variation in Mycorrhizal Community of Different Cerrado Phytophysionomies. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, n. 9, p. 01-09, 2020.

WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas. 2006, 373 f. Tese (Doutorado em Ecologia) apresentado a Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

WILSON, J. M.; TOMMERUP, I. C. **Interactions between fungal symbionts: VA mycorrhiza**. In: ALLEN, M. F. (Ed.). *Mycorrhizal functioning*. London: Chapman Hall, 1992. p. 190-248.

WU, Q.-S. **Arbuscular Mycorrhizas and Stress Tolerance of Plants**. Singapore: Springer Nature Available at, 2017. 330 p.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento da atividade dos fungos micorrízicos em agroecossistemas sob solo de Cerrado na Região do Vale do São Patrício em Goiás.

4.2. Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento da biodiversidade de gêneros de fungos micorrízicos arbusculares associados a espécies de gramíneas forrageiras sob solo de Cerrado.
- Determinar a atividade micorrízica através da densidade de esporos de fungos micorrízicos e taxa de colonização micorrízica em gramíneas forrageiras sob solo de Cerrado.
- Realizar o levantamento da biodiversidade de gêneros de fungos micorrízicos arbusculares associados ao buriti, cajuzinho-do-cerrado e pequi em Cerrado da Região do Vale do São Patrício, Goiás.
- Determinar a atividade micorrízica através da densidade de esporos de fungos micorrízicos e taxa de colonização micorrízica em buriti, cajuzinho-do-cerrado e pequi em Cerrado da Região do Vale do São Patrício, Goiás.
- Realizar o levantamento da biodiversidade de gêneros de fungos micorrízicos arbusculares associados em cinco fitofisionomias de Cerrado da Região do Vale do São Patrício, Goiás.
- Determinar a atividade micorrízica através da densidade de esporos de fungos micorrízicos e taxa de colonização micorrízica em cinco fitofisionomias de Cerrado da Região do Vale do São Patrício, Goiás.

5. CAPÍTULO I

Artigo Submetido e Aceito com correções na Revista Scientific Reports

Qualis: A1 – Ciências Agrárias

JCR: 4.379

ISSN: 2045-2322

MYCORRHIZAL FUNGI ARBUSCULAR IN FORAGE GRASSES CULTIVATED IN CERRADO SOIL

Leidiane dos Santos Lucas¹, Aurelio Rubio Neto¹, Jadson Belem de Moura^{2*}, Rodrigo Fernandes de Souza^{2,3}, Maria Eduarda Fernandes Santos², Lorena Fernandes de Moura⁴, Elitania Gomes Xavier², José Mateus dos Santos^{2,5}, Ryan Nehring⁶, Sandro Dutra e Silva^{3,5}

¹Federal Institut Goiano, Rio Verde, Goiás, Brazil.

² Evangelical Faculty of Goianésia, Brazil- *jadsonbelem@gmail.com

³ State University of Goiás, Anápolis, Goiás, Brazil

⁴ Basf Xarvio Digital Farming Solutions, Goiania, GO, Brazil.

⁵ Evangelical University of Goiás, Anápolis, Brazil

⁶ University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom

MYCORRHIZAL FUNGI ARBUSCULAR IN FORAGE GRASSES CULTIVATED IN CERRADO SOIL

Leidiane dos Santos Lucas¹, Aurelio Rubio Neto¹, Jadson Belem de Moura^{2*}, Rodrigo Fernandes de Souza^{2,3}, Maria Eduarda Fernandes Santos², Lorena Fernandes de Moura⁴, Elitania Gomes Xavier², José Mateus dos Santos^{2,5}, Ryan Nehring⁶, Sandro Dutra e Silva^{3,5}

¹Federal Institut Goiano, Rio Verde, Goiás, Brazil.

² Evangelical Faculty of Goianésia, Brazil- *jadsonbelem@gmail.com

³ State University of Goiás, Anápolis, Goiás, Brazil

⁴ Basf Xarvio Digital Farming Solutions, Goiania, GO, Brazil.

⁵ Evangelical University of Goiás, Anápolis, Brazil

⁶ University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom

ABSTRACT

The use of different weed cultivars for forage cover is growing increasingly popular because the climate changes from region to region and the response of these plants to the climate varies. Mycorrhizal fungi can bring numerous benefits to the plants with which they are associated. Therefore, investigating their influence on forage grown in soils of the Brazilian Cerrado is fundamental for understanding and for developing more efficient agricultural practices of this crop in the Cerrado region. In view of the above, the objective of this work was to verify the mycorrhizal activity in different forages cultivated in Cerrado soils. The experiment was conducted at the Agrostological Field of the Ricardo Fontoura Experimental Station of the Cerrado which is part of the Evangelical College of Goianésia, Brazil. The density of spores and the mycorrhizal colonization rate of 14 forage grasses were evaluated. There was no difference in spore density in the rhizosphere of the studied plants; *Urochloa decumbens* forage had a higher rate of mycorrhizal colonization, and *Megathyrsus maximus* cv. *Mombasa* presented the lowest values. The genera of Mycorrhizal fungi identified were commonly found in the rhizosphere in all grasses investigated, except for the genera *Gigaspora*, *Scutelospora* and *Sclerocysts*, which indicates that the association with these genera of fungi is less recurrent than with the other genera.

Keywords: AMF, Grasses, Pasture, tillage

INTRODUCTION

The Cerrado is the second largest Brazilian biome, extending over an area of 2,045,064 km² and spanning eight states of Central Brazil: Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Bahia, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Piauí and Distrito Federal ¹. It is divided by three of the largest hydrographic basins in South America, with regular rainfall indices that provide great biodiversity. After the Amazon, the Cerrado today is considered the last agricultural frontier of the Americas ^{2,4,5}.

The Cerrado is considered to be a “biodiversity hotspot” as it has one of the greatest levels of biodiversity on the planet. Such levels of biological diversity are achieved due to it being a transition biome that is in direct geographic contact with other important South American biomes, such as the Amazon, Caatinga, Atlantic Forest, Pantanal and Bolivian Chacos ^{2,6}. From a natural history perspective, the Cerrado could be considered as a biogeographic region that is more than 40 million years old ⁷⁻¹⁰. Such biogeographic continuity has resulted in a symbiosis between flora, fauna and microorganisms⁴. Due to its privileged location, the Cerrado stands out as one of the most important agricultural frontiers in the world ^{4,5}, with much of the area today consisting of large-scale industrial agriculture and degraded pastures^{12,13}.

With the current productive paradigm, environmental sustainability is considered to be an important factor in determining the success of production systems. In agriculture, no-tillage systems are being promoted as a cultivation system that promotes soil and water conservation ¹⁴. For no-tillage systems to maintain levels of productivity, vegetation cover is an adequate factor. For conditions in the Cerrado, vegetation cover must have a low carbon-nitrogen ratio, which decreases the decomposition speed and increases the time in which the cover protects the soil from erosive processes ¹⁵. In this sense, grasses stand out as ideal plant cover for no-tillage systems in the Cerrado, in addition to being important forages for animal grazing¹⁶. Natural cover systems based on symbiotic systems may also reduce the use of herbicides which have been used extensively for no-till systems in the tropical climates of Brazil ¹⁷.

Generally speaking, Cerrados are environments that naturally offer adverse abiotic conditions for plant growth and development. With low phosphorus levels and irregular rainfall, vegetation depends directly on the performance of mycorrhizal fungi to resist surviving such conditions, which is attributed to the association between fungi and plants as an important factor to build resilience for stressful situations ^{1,18-20}.

The association of mycorrhizal fungi with vegetation started its evolution in tropical regions, and there are even species that are found only in these regions ²¹. Today, however, presence of these fungi is reported in different regions of the planet, regardless of climate ^{20,22–26}.

The average density of mycorrhizal fungal species in the soils of the Cerrado varies from 25 to 50 spores per 50cm³ of soil on average. In the neighboring region of the Caatinga, there is a variation in the number of propagules of these fungi, probably due to differences in the plant community, and in relation to chemical composition and land use, with ranges containing high phosphorus⁷.

As for agricultural production, combined with the recovery of degraded areas, understanding the behavior of forage grass species with a soil biology is essential for the development of more efficient practices for the management of natural resources. Cerrados are environments that offer adverse abiotic conditions for plant growth and development, with low levels of phosphorus and a limited water regime, and the development of their vegetation depends directly on the action of soil microorganisms. Under these conditions, mycorrhizal fungi stand out as organisms that promote plant growth and contribute to plant resilience to stressful situations ^{1,18–20,27}; Therefore, this work aims to verify the mycorrhizal population dynamics in forage grass species in Cerrado soils.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted at the Agrostological Field of the Ricardo Fontoura Experimental Station of the Cerrado, which is part of the Evangelical College of Goianésia, in the state of Goiás, Brazil. The climate is classified as tropical seasonal (AW) characterized by two well-defined seasons: dry and rainy ¹⁵. The density of spores and the mycorrhizal colonization rate of 14 varieties of forage grasses were evaluated (Table 1)

Table 1. Forage grasses installed at the Agrostological Field of the Ricardo Fontoura Experimental Station of the Cerrado, Evangelical College of Goianésia.

Forage Grasses
<i>Urochloa decumbens</i>
<i>Brachiaria Ruziziensis</i>

Brachiaria brizantha cv marandu
Brachiaria brizantha cv piatã
Brachiaria brizantha cv. Xaraes
Brachiaria brizantha cv. Paiaguas
Brachiaria brizantha cv. Ippyoran
Brachiaria brizantha cv. Humidicola
Megathyrsus maximus cv. Mombasa
Megathyrsus maximus cv. Kenya
Megathyrsus maximus cv. Zuri
Megathyrsus maximus cv. Aruana
Megathyrsus maximus cv. Tamani
Megathyrsus maximus cv. Massai

Samples of rhizospheric soil containing treatment roots described in Table 1 were collected. Each sample taken to the laboratory was composed of 3 simple samples randomly collected from each plot. The design had a completely updated design with 6 replicates. Sampling was carried out at the end of the dry season in September 2020.

The analyses were carried out in the laboratory of agricultural microbiology of the Evangelical College of Goianésia. The spores of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) were extracted from 50 cm³ of rhizospheric soil by wet sieving¹⁶ followed by centrifugation in water and a 50% sucrose solution. The spores were separated according to their phenotypic characteristics, such as color, size and shape, composing the different morphotypes, under stereoscopic binocular magnifying glass.

To determine the percentage of colonization, the roots were clarified and ordered with 0.05% Trypan Blue in lactoglycerol¹⁷ and the colonization was evaluated under a stereoscopic microscope, following the quadrant intersection technique¹⁸.

To identify the genera of AMF from morphological characteristics, the spores were separated according to their morphotypes and mounted on blades with pure polyvinyl-lactoglycerol (PVLG) and PVLG mixed with Melzer (1:1 v/v). To support the identification work, original articles from the descriptions of species were provided on the website of the "International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi"¹⁹.

The data were submitted to variance analysis by the Assistat³³ analyses of canonical correspondence were performed by the Past²¹ software. Spore density variables and the rate of mycorrhizal colonization was determined by a 5% tukey test. The presence of identified genera was used as the parameter for multivariate analysis.

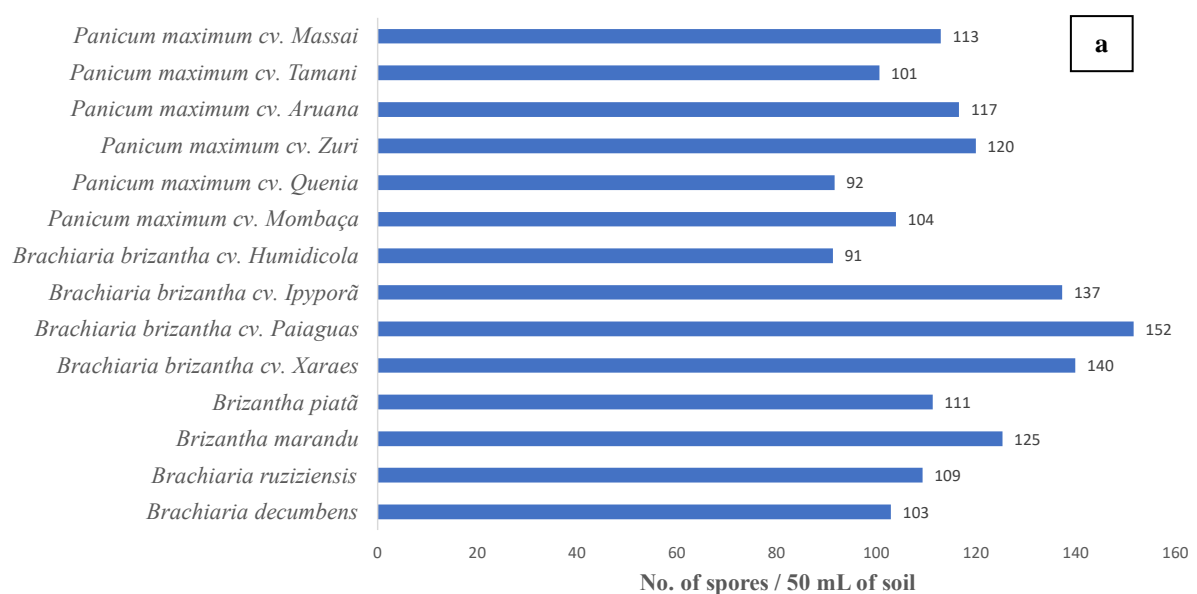
The conduct of the experiment followed the International guidelines of the IUCN Policy Statement on Research Involving Species at Risk of Extinction. The plant material studied, as perennial species, is available for study and review at the agrostological field of the Evangelical College of Goianésia.

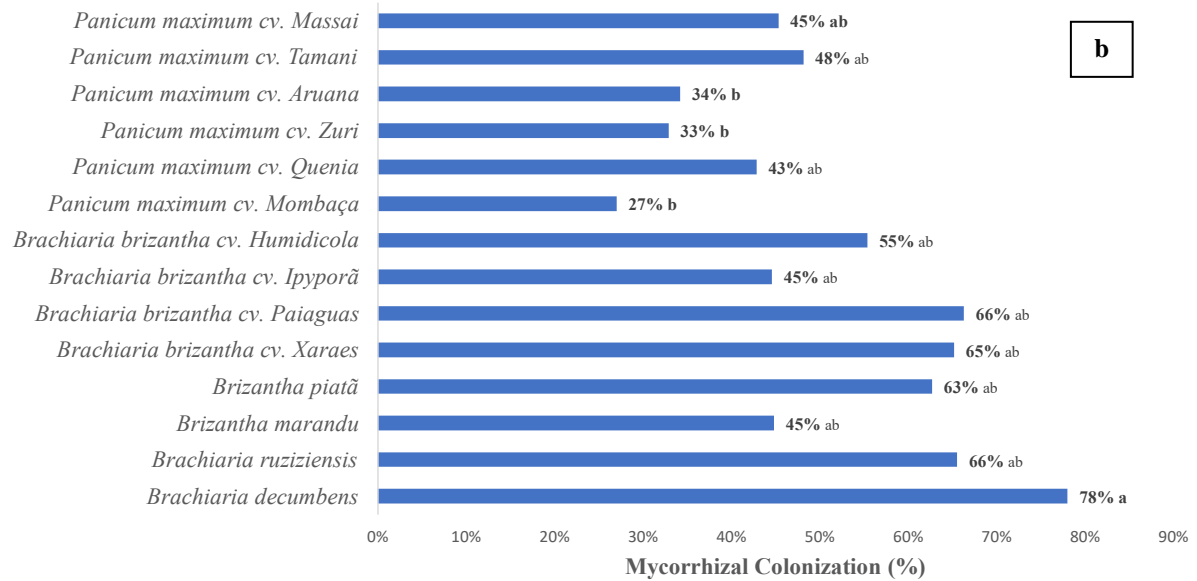
RESULTS AND DISCUSSION

For the determination of ecological interactions between AMF and forage grasses, the values of density of spores in the soil, mycorrhizal colonization rate in the root, and the presence of genera of AMF associated with the rhizosphere are used as parameters. No significant difference was verified between the analyzed varieties when investigating the density of spores in rhizospherical soil of forage grass varieties in Cerrado soils (Figure 1a).

The mycorrhizal colonization rate showed a significant difference ($p < 0.05$). *Urochloa decumbens* presented the highest mycorrhizal colonization rate (78%) compared to the others. The species *Megathyrsus maximus* cv. Zuri, *Megathyrsus maximus* cv. Aruana and *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa presented the lowest values of mycorrhizal colonization in its roots, 33%, 34% and 27%, respectively (Figure 1b).

Figure 6. Density of mycorrhizal fungi spores in rhizospherical soil (a) and rate of colonization mycorrhizae (b) of different forage grasses in Cerrado soils





The absence of a significant difference in spore density values is because the varieties were installed in the same area and where they are probably being colonized by the same fungal species, since they present low specificity. It is expected that there is no difference in the sporulation of fungi from the same area, since spore production is a response of the fungus and not of the host plant. The production of spores is a reflection of the fungus to environmental changes that, under stressful conditions, begin to produce spores as a resistance structure ^{22,23}.

The samplings were carried out at the end of the dry season. In the cerrado, the climate is classified as tropical seasonal (AW) characterized by two well-defined seasons: a dry period and a rainy period²⁸. These climatic conditions are considered stressful for most soil organisms due to the absence of rainfall for more than 4 consecutive months, which explains the high values of spore density values in the soil ^{14,24}.

Forage plants do not present specificity for colonization of mycorrhizal fungi and can be colonized by more than one species of fungus ²⁵. However, some plant species have higher mycorrhizal colonization rates than others. Different species may present different values of colonization in the same environment, which is a reflection of the evolutionary adaptability of this symbiotic association ³⁸⁻⁴¹.

Mycorrhizal colonization values indicate the intensity to which fungi have to associate with vegetation in order to assist with functions such as water and nutrient absorption (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Because it is the same soil, the variation in

mycorrhizal colonization values is explained by the physiological differences of plants and not fungi. This behavior can be observed when comparing forage plants, such as *Megathyrus maximus* and *Brachiaria brizantha*, which presented similar colonization rates, regardless of cultivar.

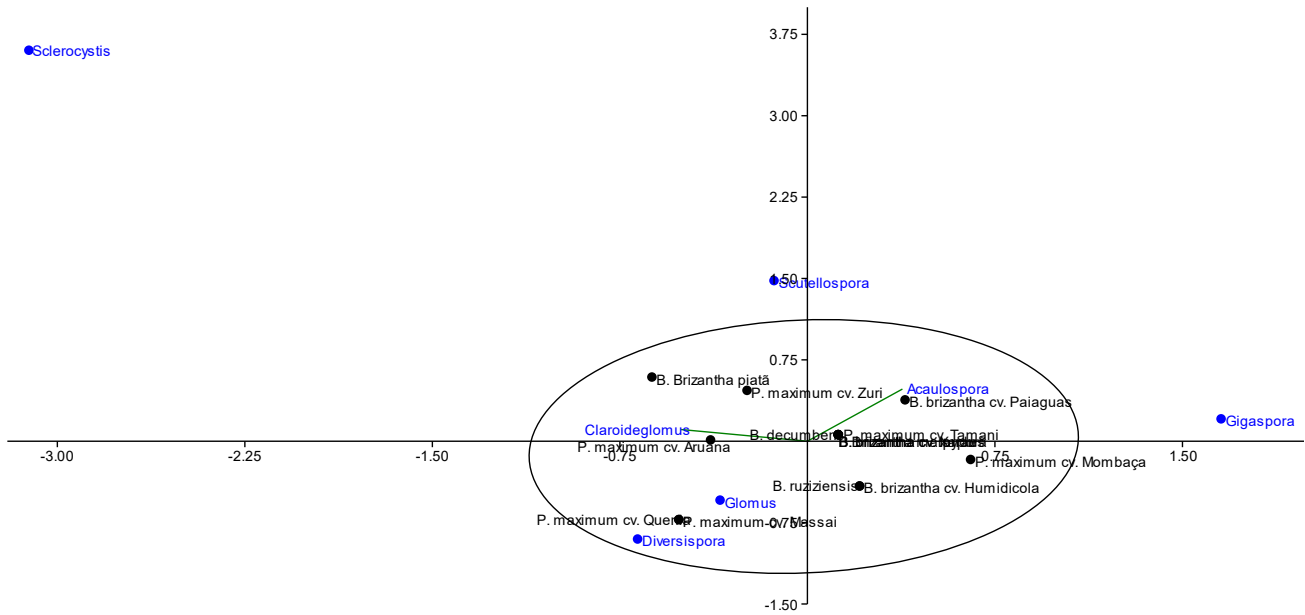
Table 2 shows the genera identified in the soil of the grasses investigated. The genera *Acaulospora* and *Glomus* were identified in all plants investigated, while the genus *Sclerocystis* was identified to be associated only with *B. Brizantha piatã*.

Table 2. Presence (1) and absence (0) of Genera of arbuscular mycorrhizal fungi associated with the rhizosphere of different forage grasses in Cerrado soil.

Forage	<i>Acaulospora</i>	<i>Claroideglomus</i>	<i>Diversispora</i>	<i>Scutellospora</i>	<i>Sclerocystis</i>	<i>Glomus</i>	<i>Gigaspora</i>
<i>B. decumbens</i>	1	1	1	1	0	1	1
<i>B. Ruziziensis</i>	1	1	1	0	0	1	1
<i>B. Brizantha Marandu</i>	1	1	1	1	0	1	1
<i>B. Brizantha Piatã</i>	1	1	1	0	1	1	1
<i>B. brizantha cv. Xaraes</i>	1	0	1	1	0	1	1
<i>B. brizantha cv. Paiaguas</i>	1	1	0	1	0	1	1
<i>B. brizantha cv. Ippyoran</i>	1	0	1	1	0	1	1
<i>B. brizantha cv. Humidicola</i>	1	0	1	0	0	1	1
<i>P. maximum cv. Mombasa</i>	1	0	0	0	0	1	1
<i>P. maximum cv. Kenya</i>	1	1	1	0	0	1	0
<i>P. maximum cv. Zuri</i>	1	1	0	1	0	1	0
<i>P. maximum cv. Aruana</i>	1	1	1	1	0	1	0
<i>P. maximum cv. Tamani</i>	1	1	1	1	0	1	1
<i>P. maximum cv. Massai</i>	1	1	1	0	0	1	0

The canonical correspondence analysis aims to identify the proximity of the presence of mycorrhizal fungi identified with the grass species investigated (Figure 2).

Figure 7. Canonical correspondence analysis of the associated genera found in rhizospherical soil of different forage grasses in cerrado soil.



The genera of mycorrhizal fungi identified were commonly found in the rhizosphere of all grasses investigated, except for the genera *Gigaspora*, *Scutelospora* and *Sclerocystis*, which indicates that the association with these genera of fungi is less recurrent than with the other genera. The genera *Glomus* and *Acaulospora* are commonly found in Cerrado soils⁷. When investigating the biodiversity of AMF in Cerrado soils, the same genera were found to be associated with bamboo³⁰, sugarcane³¹, sorghum and corn⁴⁴.

The grasses present substantial colonization mycorrhizal volume for the root system of the grasses, which favors fungi colonization. The adaptability of this plant family to the natural conditions of the Cerrado also favors the exposure of the plant to the action of the fungus when subjected to situations of environmental stress, especially water.

CONCLUSION

The spore density values do not vary among the species of fodder studied. This parameter is independent of the plant, as it is a physiological response of the fungus. On the other, *Urochloa decumbens* presented higher values of mycorrhizal colonization. The genera of mycorrhizal fungi identified are commonly found in the rhizosphere of all grasses investigated, except for the genera *Gigaspora*, *Scutelospora* and *Sclerocystis*, these genera of fungus are less recurrent than the other genera.

REFERENCES

1. Hunke, P., Mueller, E. N., Schröder, B. & Zeilhofer, P. The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use. *Ecohydrology* **8**, 1154–1180 (2015).
2. Klink, C. a. & Machado, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* **1**, 147–155 (2005).
3. Braz, S. P., Urquiaga, S., Alves, B. J. R. & Boddey, R. M. *Degradação de Pastagens, Matéria Orgânica do Solo e a Recuperação do Potencial Produtivo em Sistemas de Baixo “Input” Tecnológico na Região dos Cerrados*. (2004).
4. Dutra e Silva, S. Challenging the Environmental History of the Cerrado: Science, Biodiversity and Politics on the Brazilian Agricultural Frontier. *LAHAC* **1**, (2020).
5. Nehring, R. Yield of dreams: Marching west and the politics of scientific knowledge in the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa). *Geoforum* **77**, 206–217 (2016).
6. Taber, A., Navarro, G. & Arribas, M. A. A new park in the Bolivian Gran Chaco – an advance in tropical dry forest conservation and community-based management. *Oryx* **31**, 189 (1997).
7. Moura, J. B. de & Cabral, J. S. R. *Mycorrhiza in Central Savannahs: Cerrado and Caatinga*. In: *Mycorrhizal Fungi in South America*. vol. 1 (Springer International Publishing, 2019).
8. de Brito Neves, B. B. & Cordani, U. G. Tectonic evolution of South America during the Late Proterozoic. *Precambrian Research* **53**, 23–40 (1991).
9. Laux, J. H., Pimentel, M. M., Dantas, E. L., Armstrong, R. & Junges, S. L. Two neoproterozoic crustal accretion events in the Brasília belt, central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* **18**, 183–198 (2005).
10. Simon, M. F. *et al.* Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *PNAS* **106**, 20359–20364 (2009).
11. Dias-Filho, M. B. Desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. *Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)* (2012).
12. Guimarães Andrade, R. *et al.* Indicativo de pastagens plantadas em processo de degradação no bioma Cerrado. in *XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remot* 1585–1592 (INPE, 2015).
13. Arruda, A. B. *et al.* Resistance of soil to penetration as a parameter indicator of subsolation in crop areas of sugar cane. *Sci Rep* **11**, 11780 (2021).
14. Bongiorno, G. *et al.* Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe. *Ecological Indicators* **99**, 38–50 (2019).

15. Andrade Júnior, J. A. D., Ribeiro De Souza, B., Souza, R. F. & de Moura, J. B. FIXAÇÃO DE CARBONO EM SISTEMAS AGROECOLÓGICOS NA REGIÃO DO VALE DO SÃO PATRÍCIO, GOIÁS CARBON SEQUESTRATION IN AGROECOLOGICAL SYSTEMS IN THE REGION OF THE SÃO PATRÍCIO VALLEY, GOIÁS. *Científic@ -Multidisciplinary Journal -ISSN* **5**, 85–98 (2018).
16. Andrade de Souza Moraes, J. M. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi in integrated crop livestock systems with intercropping in the pasture phase in the Cerrado. *Rhizosphere* **11**, (2019).
17. Ofstehage, A. & Nehring, R. No-till agriculture and the deception of sustainability in Brazil. *International Journal of Agricultural Sustainability* **19**, 335–348 (2021).
18. Thomazini, L. I. Mycorrhiza in plants of the ‘Cerrado’. *Plant and Soil* **41**, 707–711 (1974).
19. Porcel, R. & Ruiz-Lozano, J. M. Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation, and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. *Journal of Experimental Botany* **55**, 1743–1750 (2004).
20. Moura, J. B. de, Valentim, N. M., Ventura, M. V. A. & Junior, W. G. V. TAXA DE COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NO CERRADO EM CANA-DE-AÇÚCAR. **2**, 60–66 (2017).
21. Pirozynski, K. A. Interactions between fungi and plants through the ages. *Canadian Journal of Botany* **59**, 1824–1827 (1981).
22. Muthukumar, T., Udaiyan, K. & Shanmughavel, P. Mycorrhiza in sedges - an overview. *Mycorrhiza* **14**, 65–77 (2004).
23. Aliasgharzadeh, N., Rastin, S. N., Towfighi, H. & Alizadeh, A. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz Plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil. *Mycorrhiza* **11**, 119–122 (2001).
24. Gehring, C. A. & Connell, J. H. Arbuscular mycorrhizal fungi in the tree seedlings of two Australian rain forests: occurrence, colonization, and relationships with plant performance. *Mycorrhiza* **16**, 89–98 (2006).
25. Vestberg, M. Occurrence of some Glomales in Finland. *Mycorrhiza* **5**, 329–336 (1995).
26. Khan, A. G. Occurrence and importance of mycorrhizae in aquatic trees of New South Wales, Australia. *Mycorrhiza* **3**, 31–38 (1993).
27. Vieira Junior, W. G. *et al.* SEASONAL VARIATION IN MYCORRHIZAL COMMUNITY OF DIFFERENT CERRADO PHYTOPHYSIOMIES. *Front. Microbiol.* **11**, (2020).
28. Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., De Moraes, J. L. G. & Sparovek, G. Köppen’s climate classification map for Brazil. *Metereologische Zeitschrift* **22** (6) 711–728. (2014).

29. Gerdemann, J. W. & Nicolson, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* **46**, 235–244 (1963).
30. Phillips, J. M. & Hayman, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* **55**, 158–161 (1970).
31. Giovannetti, M. & Mosse, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist* **84**, 489–500 (1980).
32. INVAM. *International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi* | West Virginia University. (2018).
33. SILVA, F. de A. *ASSISTAT: Versão 7.7 beta*. (DEAG-CTRN-Universidade Federal de Campina Grande, 2008).
34. Hammer, Ø. *Past 3.x - the Past of the Future*. (Natural History Museum, University of Oslo, 2018).
35. Cavalcanti, A. C. R., Cavallini, M. C. & Lima, N. R. C. de B. *Estresse por Déficit Hídrico em Plantas Forrageiras*. 50 <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/748148/1/doc89.pdf> (2009).
36. Souza, B. R., Moura, J. B., Oliveira, T. C., Ramos, M. L. G. & Lopes Filho, L. C. Arbuscular Mycorrhizal fungi as indicative of soil quality in conservation systems in the region of vale do São Patrício, Goiás. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CURRENT RESEARCH* **8**, 43307–43311 (2016).
37. Oliveira, T. C. de *et al.* Produtividade da soja em associação ao fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* cultivada em condições de campo. *Revista de Ciências Agroveterinárias* **18**, 530–535 (2019).
38. Nicolson, T. H. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in the Gramineae. *Nature* **181**, 718–719 (1958).
39. Soreng, R. J. *et al.* A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae) II: An update and a comparison of two 2015 classifications. *Journal of Systematics and Evolution* **55**, 259–290 (2017).
40. Teutschero, N. *et al.* Differences in arbuscular mycorrhizal colonization and P acquisition between genotypes of the tropical *Brachiaria* grasses: is there a relation with BNI activity? *Biol Fertil Soils* **55**, 325–337 (2019).
41. de Miranda, J. C. C. *Cerrado: Micorriza Arbuscular, Ocorrência e Manejo*. (Embrapa, 2008).
42. Moura, J. B. *et al.* Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated with Bamboo Under Cerrado Brazilian Vegetation. *J Soil Sci Plant Nutr* (2019) doi:10.1007/s42729-019-00093-0.

43. Datta, P. & Kulkarni, M. Arbuscular Mycorrhizal Fungal Diversity in Sugarcane Rhizosphere in Relation with Soil Properties. **4**, 66–74 (2012).
44. Aquino, S. D. S. *et al.* Mycorrhizal colonization and diversity and corn genotype yield in soils of the Cerrado region, Brazil. *Semin. Cienc. Agrar.* **36**, 4107–4117 (2015).

6. CAPÍTULO II

Artigo Submetido na Revista *Frontiers in Microbiology*

Qualis: A2 – Ciências Agrárias

JCR: 5.64

ISSN: 1664-302X

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN BURITI, CERRADO CASHEW AND PEKI IN CERRADO SOIL

Leidiane dos Santos Lucas^{1,3}, Aurélio Rubio Neto¹, Jadson Belem de Moura^{2,3*}, Rodrigo Fernandes de Souza^{3,4}, Gustavo Mendes Brito^{2,3}, Rafael Mendonça Ribeiro^{2,3}, Sandro Dutra e Silva^{4,5}, José Mateus dos Santos^{2,3}, Edson Luiz Souchie¹

¹Goiano Federal Institute, Rio Verde Campus

²Evangelical College of Goianésia, * jadsonbelem@gmail.com

³Sedmo – Soils, Ecology and Dynamics of Organic Matter

⁴State University of Goiás

⁵Evangelical University of Goiás

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN BURITI, CERRADO CASHEW AND PEKI IN CERRADO SOIL

Leidiane dos Santos Lucas^{1,3}, Aurélio Rubio Neto¹, Jadson Belem de Moura^{2,3*}, Rodrigo Fernandes de Souza^{3,4}, Gustavo Mendes Brito^{2,3}, Rafael Mendonça Ribeiro^{2,3}, Sandro Dutra e Silva^{4,5}, José Mateus dos Santos^{2,3}, Edson Luiz Souchie¹

¹Goiano Federal Institute, Rio Verde Campus

²Evangelical College of Goianésia, * jadsonbelem@gmail.com

³Sedmo – Soils, Ecology and Dynamics of Organic Matter

⁴State University of Goiás

⁵Evangelical University of Goiás

Abstract

The Cerrado is the second largest biome in Brazil and presents great biodiversity of plants and soil microorganisms. Most of these microorganisms, such as arbuscular mycorrhizal fungi, live in a symbiotic relationship with plants bringing benefits such as increased absorption of water and nutrients. Some of these plants, such as Buriti, Cerrado cashew and Peki are of great social and economic importance to the inhabitants of the Cerrado region, because they are an important source of food and income for small farmers, besides being foods that are part of the culture of the interior of Brazil. Understanding how the diversity of soil mycorrhizal fungi behaves is fundamental for the development of more efficient management practices of these plants, as well as elucidating gaps of information about these organisms in the Cerrado region. With this, this study aimed to survey the biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with Buriti (*Mauritia flexuosa*), Cerrado Cashew (*Anacardium humile*) and Peki (*Caryocar brasiliense*) in Cerrado soil. There was no statistical difference between the values of spore density and mycorrhizal colonization rate in the three species investigated. The genera *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis*, *Glomus*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Ambispora* and *Scrobiculata* in the rhizosphere of peki, cerrado cashew and buriti were identified. With the exception of *Scrobiculata* and *Scutellospora*, all other genera are commonly found in Buriti. In cerrado cashews, the genera *Funneliformis*, *Sclerosystis* and *Scutellospora* have lower affinity. In the peki rhizosphere, only the genus *Gigaspora* has low affinity with the plant.

Keywords: *Mauritia flexuosa*, *Anacardium humile*, *Caryocar brasiliense*, MAF, Brazilian savannas

Introduction

The Cerrado has one of the greatest biodiversity on the planet, because it is a transition biome that is in direct geographic contact with other important South American biomes such as the Amazon, Caatinga, Atlantic Forest, Pantanal and Chacos Bolivianos (Taber et al., 1997; Klink and Machado, 2005; Moura and Cabral, 2019). and considered one of the *hotspots* for the conservation of world biodiversity. The predominant soil class in this biome is Oxisols, deep soils of low natural fertility, acids, with intense weathering, rich in iron and aluminum oxides, and deficient in phosphorus (dos Santos et al., 2018). Another important characteristic of the Cerrado is the climate, defined as humid tropical, with two well-defined seasons during the year, dry winter and humid summer. The dry season is usually between April and September and the rainy season between October and March (Cardoso et al., 2015).

The cerrado has a rich flora with several arboreal species, but among them we can highlight the Buriti (*Mauritia flexuosa*), the cerrado cashew (*Anacardium humile*) and the Peki (*Caryocar brasiliense*) because they presented great economic and cultural relevance for the region of the Brazilian Midwest (Mundim et al., 2018).

The buriti (*Mauritia flexuosa* L.) is a palm tree of the family *Arecaceae*, which vegetables in the flooded and humid regions of central, north, and northeast Brazil. In the Cerrado Region, it appears in the low and humid regions, popularly called by veredas. It has ornamental and strategic importance in the preservation of fauna, since its fruits are a source of food for various birds and mammals. In addition, the fruits have great use in regional cuisine, in the preparation of sweets and jellies and in the extraction of oil, rich in vitamin A (de ALMEIDA and da Silva, 1994; Spera et al., 2001; Albuquerque et al., 2005).

One of the most well-known and used native Cerrado plants is the cerrado cashew (*Anacardium humile*). The meaty part of cashew, which is the pseudo fruit or peduncle, is highly appreciated in Brazil for fresh or processed consumption (beverages, sweets, ice cream and savory dishes) for the special flavor and high nutritional value, related to the high content of vitamin C. The rapid deterioration of cashew stalk is a problem that requires great attention, alternatives for use in the field and in industry². The annual production of cashews in Brazil is about one million tons, and the northeast region is responsible for approximately 99% of this production (Santos and Santos Júnior, 2015; Belo et al., 2019).

The peki (*Caryocar brasiliense*) is a typical fruit of the Cerrado, whose

nomenclature comes from Tupi and means "spiked skin". The peki tree is a leafy canopy tree that can reach 12 meters high. Its leaves are large, each composed of three large leaflet, covered by a down and with the tips cut. Of all the native fruits of the Cerrado, peki is the most consumed and commercialized, and the best studied in nutritional, ecological and economic aspects. In Goiás and the North of Minas Gerais, but also in other regions of the Cerrado, peki is of significant importance for agronomic extractives populations and local economies. Some "waste pickers" and merchants of peki obtain up to 80% of their annual income in the fruit production chain (de Oliveira et al., 2008).

Soil microorganisms, especially arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), are fundamental in the maintenance and sustainability of natural ecosystems, especially in the cerrado that presents soils of low natural fertility in the vast majority (Hunke et al., 2015). These organisms act in essential processes, such as the promotion of plant growth, decomposition of organic matter and nutrient cycling, phosphate solubilization, water and nutrient absorption (Johnson and Pflieger, 1992; Jeffries et al., 2003; Marulanda et al., 2003; Souza et al., 2016; Andrade Júnior et al., 2018).

Given this scenario, AMFs have immense potential to promote plant development and soil aggregation, most plants (80%) are susceptible to arbuscular mycorrhizal formation, which occurs in most plant families. They are particularly important in stressful edaphic conditions, such as acidic and dystrophic soils, such as most soils in tropical regions (Johnson and Pflieger, 1992; Jeffries et al., 2003; Moura et al., 2017; VENTURA et al., 2018).

It is of fundamental importance to know the biodiversity of fungi associated with cerrado plants, given the lack of scientific information about this theme, and that can bring understanding about the biogeochemical processes of this biome. With this, this work aims to conduct a survey of the biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with Buriti (*Mauritia flexuosa*), the cerrado cashew (*Anacardium humile*) and the Peki (*Caryocar brasiliense*) in cerrado soil in the region of vale do São Patrício in Goiás.

Material and Methods

The samples were taken in September 2020 in the Region of the São Patrício Valley in the state of Goiás, samples of roots and rhizospheric soil of Buriti (*Mauritia flexuosa*), cerrado cashew (*Anacardium humile*) and Peki (*Caryocar brasiliense*) were collected according to the sampling points presented in table 1 and in figure 1. Each

sample collected was composed of the mixture of samples collected at six separate locations at each geographic point sampled.

Table 1. Geographical locations of the collection points of rhizospheric soil samples of Buriti (*Mauritia flexuosa*), the Cerrado Cashew (*Anacardium humile*) and the Peki (*Caryocar brasiliense*) in cerrado soil in the state of Goiás.

Treatment	Coord X	Coord Y	Coord X	Coord Y	Coord X	Coord Y
Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>)	-48,9738	-15,5203	-51,4271	-18,9123	-50,2791	-15,5691
	-49,9119	-15,4453	-48,8002	-15,1686	-48,9673	-14,8966
	-51,5088	-15,877	-49,4574	-15,3178	-50,6046	-15,0485
	-49,9367	-17,1089	-49,3877	-15,622	-52,2288	-15,8974
	-49,2628	-15,0439	-49,5728	-15,5203	-49,8886	-15,1589
	-51,1042	-20,0638	-51,5088	-15,8769	-49,0504	-15,7568
	-50,3712	-15,8946	-48,987	-15,5523	-50,7143	-17,5948
Cerrado Cashew (<i>Anacardium humile</i>)	-49,3877	-15,622	-52,2288	-15,8974	-49,4509	-15,3236
	-50,6046	-15,0485	-49,2628	-15,0439	-50,2791	-15,5691
	-49,7605	-16,008	-50,3618	-15,8948	-49,9129	-15,4398
	-49,0692	-15,6515	-51,3675	-18,8057	-48,9673	-14,8966
	-49,5728	-15,5203	-48,8002	-15,1686	-50,2	-15,5588
	-51,1164	-18,2782	-51,2523	-15,9229	-48,9737	-15,5199
	-49,9028	-15,1437				
Peki (<i>Caryocar brasiliense</i>)	-49,3877	-15,622	-49,2628	-15,0439	-50,4118	-17,4133
	-52,2094	-15,8993	-48,9746	-15,5201	-49,4103	-15,7224
	-51,3159	-19,4792	-50,279	-15,5691	-49,4554	-15,3193
	-50,6046	-15,0485	-51,4355	-19,324	-49,867	-15,1592
	-50,279	-15,5691	-49,0701	-15,6494	-50,3625	-15,8948
	-50,9914	-18,0155	-49,9119	-15,4453	-51,1209	-18,5498
	-48,8002	-15,1686	-51,3341	-15,9322	-49,8695	-15,1583
	-49,5728	-15,5203	-48,9673	-14,8966		

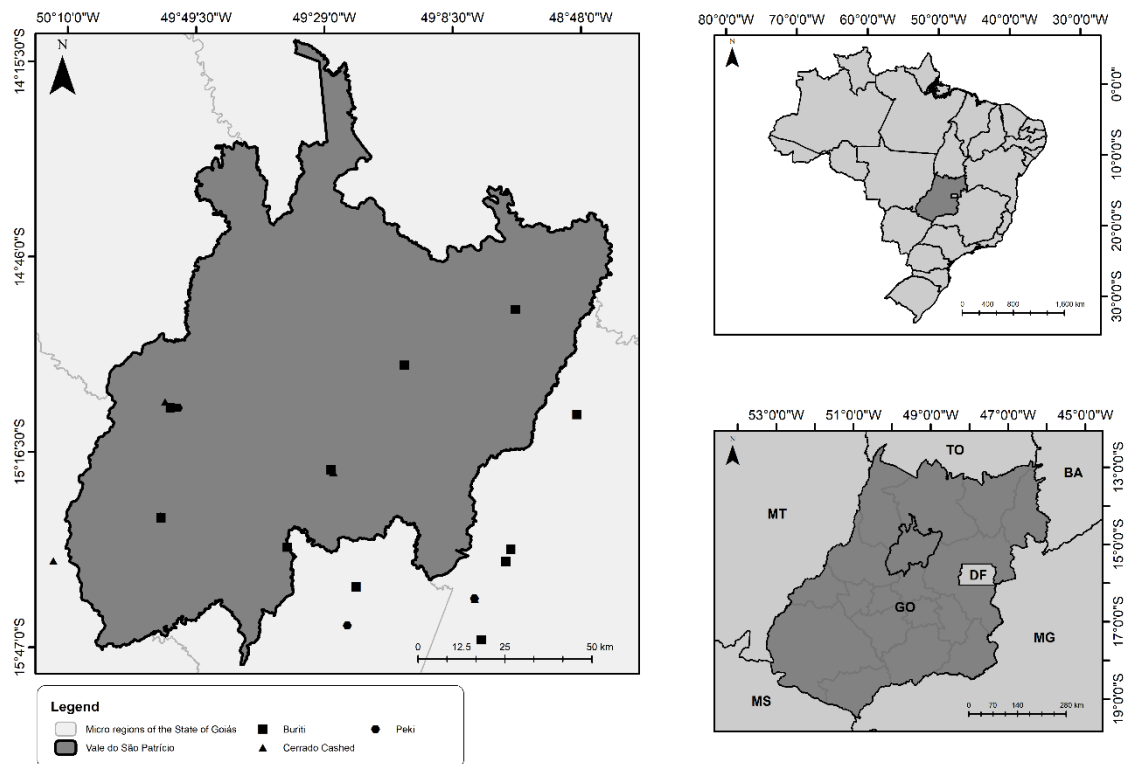


Figure 1. Collection points of rhizospherical soil samples of Buriti (*Mauritia flexuosa*), cerrado cashew (*Anacardium humile*) and Peki (*Caryocar brasiliense*) in cerrado soil in the state of Goiás.

The analyses were conducted in the laboratory of agricultural microbiology of the Evangelical College of Goianésia. The spores of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) were extracted from 50 mL rhizospherical soil by the wet sieving technique (Gerdemann and Nicolson, 1963) followed by centrifugation in water and sucrose solution 50 %. The spores were separated according to their phenotypic characteristics such as color, size, and shape, composing the different morphotypes, under stereoscopic binocular magnifying glass.

To determine the percentage of colonization, the roots were clarified and colored with 0.05% Trypan Blue in lactoglycerol (Phillips and Hayman, 1970) and the evaluation of colonization will be done under stereoscopic microscope, following the technique of intersection of the quadrants Giovan (Giovan (Netnetti and Mosse, 1980).

To identify the genera of AMF from morphological characteristics, the spores were classified according to their morphotypes and mounted on blades with pure polyvinyl-lactoglycol (PVLG) and PVLG mixed with Melzer (1:1 v/v). To support the identification work, original articles from the description of species and descriptions of species provided on the website of the "International Culture Collection of Arbuscular

and Vesicular-Arbuscular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi" (INVAM, 2021) .

The maps were generated from the Quantum Gis 2.18 program (Marcuzzo et al., 2011; TEAM, 2012; Santos and Brito, 2018) The data were submitted to variance analysis, and statistical analyses were performed by the Assisat software (SILVA, 2008) and the analysis of major components and diversity indexes were performed by the Past software (Hammer, 2021).

Results and Discussion

To determine mycorrhizal activity in Buriti (*Mauritia flexuosa*), cerrado cashew (*Anacardium humile*) and Peki (*Caryocar brasiliense*) in cerrado soil of the São Patrício Valley region, the data of spore density, mycorrhizal colonization rate and identification of associated genera were performed, rhizospheres of the investigated plants.

There was no statistical difference when comparing the mycorrhizal colonization rate and spore density in Buriti, cerrado cashew and Peki (Figure 2).

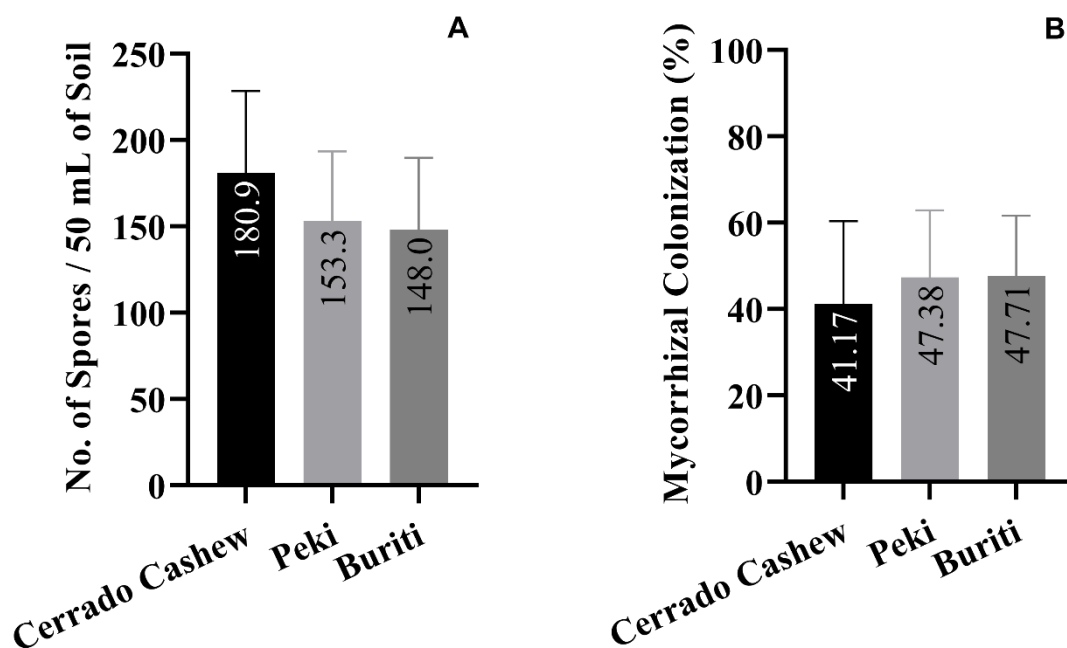


Figure 2. Spore density (A) and mycorrhizal colonization rate (B) in Buriti (*Mauritia flexuosa*), cerrado cashew (*Anacardium humile*) and Peki (*Caryocar brasiliense*) in cerrado soil.

The spore density values (Figure 2A) were statistically similar in the plants investigated, being 180,9, 153.3 and 148 spores/50 mL of soil for Cerrado Cashew, peki and buriti, respectively.

When they connect symbiotically to plants, fungi begin to behave according to the physiological state of the plants. The density values of fungal spores in the soil are directly correlated with the water conditions in which the associated plant is located. One of the main environmental triggers that promote the production of spores in the soil is water stress (Boutasknit et al., 2020).

The mycorrhizal colonization rate indicates the amount of hyphae that were found colonizing the roots (Giovannetti and Mosse, 1980). These values are also influenced by environmental factors such as water stress and low phosphorous availability in soils (Balestrini et al., 2019). The values verified in cashews from the cerrado, peki and buriti were 41.17%, 47.38% and 47.71%, respectively.

The period in which the sampling was conducted was in August. The region of the São Patrício Valley, which has a climate classified as Tropical Rainy (Aw), with two well-defined seasons, the rainy and the dry (Cardoso et al., 2015). The sampling period coincides with the end of the dry season, where the plants are subjected to at least 5 months of water scarcity. This would explain the high density of spores observed in the sampled areas.

Figure 3 shows the heat density maps of mycorrhizal fungi spores in cerrado soil d. São Patrick's Valley isolated from the rhizospherical soil of Buriti, cerrado cashew and Peki. It is possible to observe that among the plants studied, the cashew of the cerrado is the one with the largest area with the highest values of density of spores than peki and buriti.

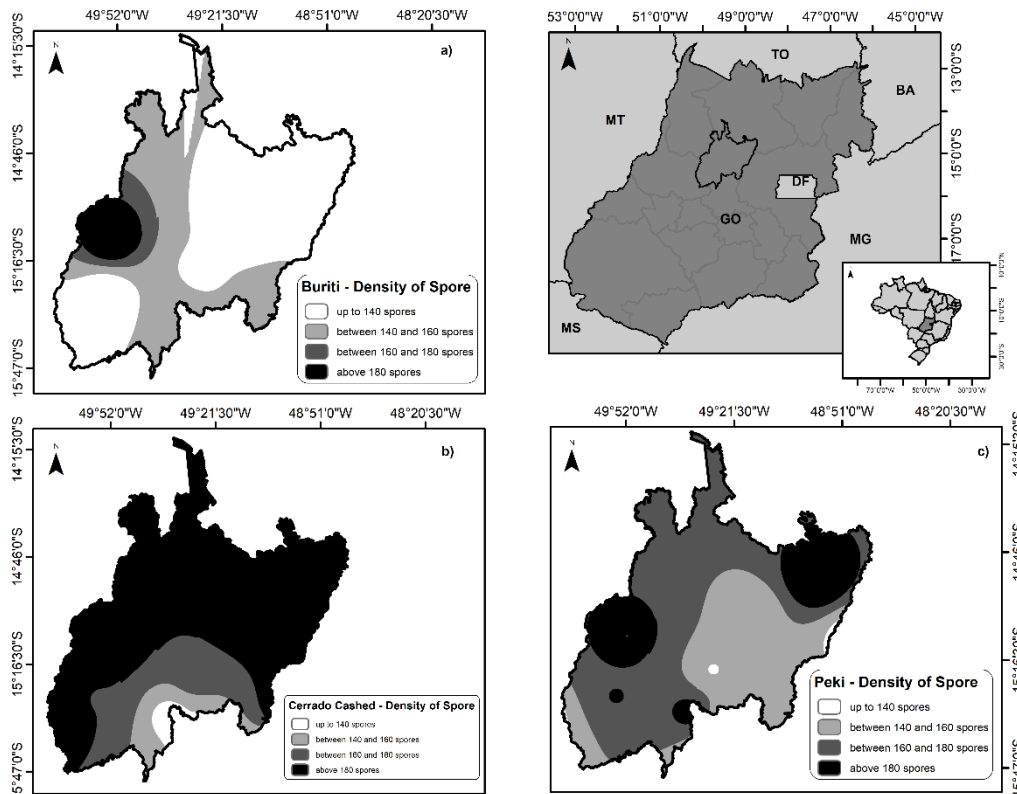


Figure 3. Heat density maps of mycorrhizal fungi spores in rhizospheric soil of Buriti (a), Cerrado Cashew (b) and Peki (c) in cerrado soil in the São Patrício Valley region in the state of Goiás.

There are few studies evaluating the density of spores of arbuscular mycorrhizal fungi associated with Buriti, cerrado cashew and Peki in cerrado soils, however by comparing the density values of spores with other native cerrado species, it is possible to verify the presence of similar values of spore density in the soil (Angelini et al., 2012; Moura et al., 2017; Moura and Cabral, 2019; Vieira Junior et al., 2020).

When evaluating the seasonal difference in the density of spores of the cerrado soil (Vieira Junior et al., 2020), there was a difference in soil spore density when comparing the dry season with the rainy season. And during the dry period, the spore density values were like those found in this study.

Figure 4 shows the heat map of the mycorrhizal colonization rate of the roots of Buriti, cerrado cashew and Peki of the São Patrício Valley region isolated from the rhizospheric soil of Buriti, cerrado cashew and Peki.

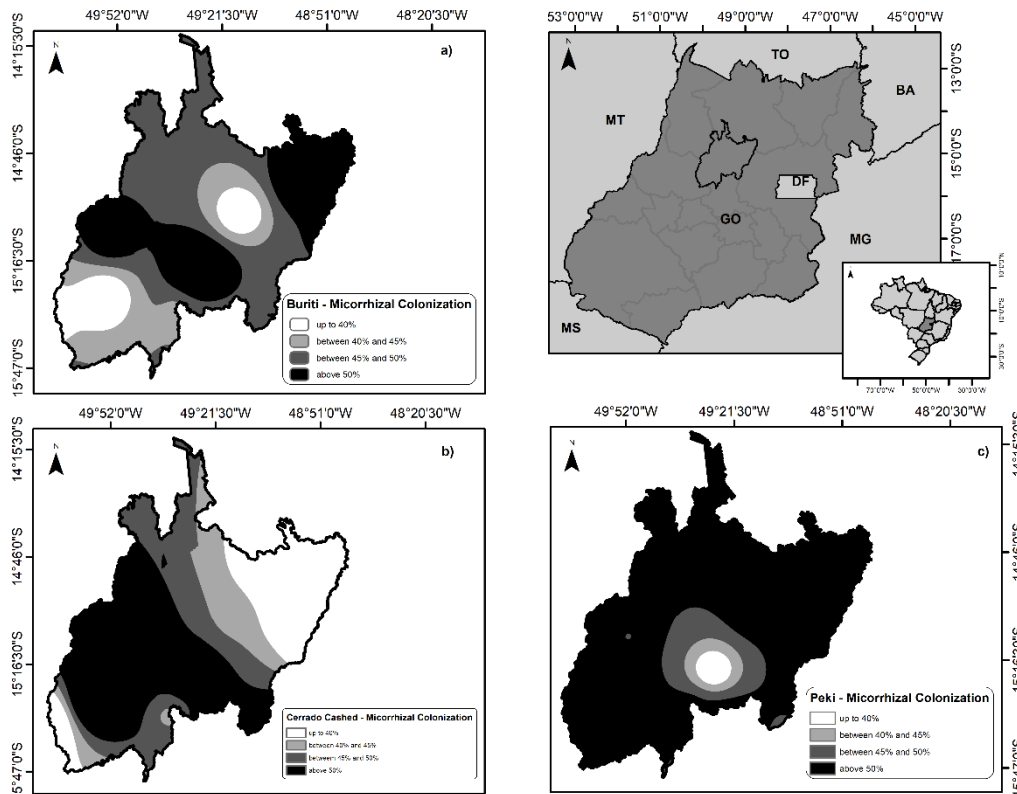


Figure 4. Heat maps of mycorrhizal colonization rate in buriti roots (a), Cerrado Cashew (b) and Peki (c) in cerrado soil in the São Patrício Valley region in the state of Goiás.

As in the heat map of spore density (Figure 3), mycorrhizal colonization values were also high for cerrado cashew, however, in the peki plants investigated, the values of mycorrhizal colonization rate were also high. Arbuscular mycorrhizal fungi are very important for the maintenance of the Cerrado ecosystem (Casagrande, 1985). Because it is a biome that presents seasonal variations with periods of long droughts, the action of arbuscular mycorrhizal fungi in increasing the tolerance against water stress for the native vegetables of this biome is fundamental for the maintenance of plant life (Moura and Cabral, 2019).

The mycorrhizal colonization rate is an index that indicates the number of roots of plants that are colonized by the mycorrhizal fungus. These values indicate that the plant is receiving support from fungi through the absorption of water and soil nutrients brought from regions that the plant cannot absorb (Phillips and Hayman, 1970).

Table 2 shows the genera of arbuscular mycorrhizal fungi identified in the samples collected from Buriti, cerrado cashew and Peki. Where the presence of the genera *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis*, *Glomus*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Ambispora* and *Scrobiculata* associated with all plants studied was verified, except for *Claroideglomus* which was not identified in the

Buriti rhizosphere.

Table 2. Genera of arbuscular mycorrhizal fungi identified in rhizospheric soil of Buriti (*Mauritia flexuosa*), cerrado cashew (*Anacardium humile*) and Peki (*Caryocar brasiliense*) in cerrado.

Genres (FMA)	Moriche palm (<i>Mauritia flexuosa</i>)	Cashew (<i>Anacardium humile</i>)	Moriche palm (<i>Caryocar brasiliense</i>)
<i>Acaulospora</i>	+	+	+
<i>Claroideglomus</i>	-	+	+
<i>Diversispora</i>	+	+	+
<i>Scutellospora</i>	+	+	+
<i>Sclerocystis</i>	+	+	+
<i>Glomus</i>	+	+	+
<i>Funneliformis</i>	+	+	+
<i>Gigaspora</i>	+	+	+
<i>Ambispora</i>	+	+	+
<i>Scrobiculata</i>	+	+	+

These genera are often found associated with plants in cerrado soil. When evaluating the biodiversity of genera of arbuscular mycorrhizal fungi in bamboo in the Cerrado, Moura et al., (2019) verified the presence of *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis* and *Scutellospora*. And Vieira Junior et al., (2020) when studying the biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in different phytophysionomies of Cerrado found associations with *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Sclerocystis*, *Glomus*, *Funneliformis*, *Gigaspora* and *Scrobiculata*.

By analyzing the frequency in which each genus was identified associated with the studied plant, it is possible to determine the diversity index of individuals (Figure 5). The diversity indices measure the richness and abundance of genera of arbuscular mycorrhizal fungi associated and identified in the rhizosphere of Buriti, cerrado cashew and Peki.

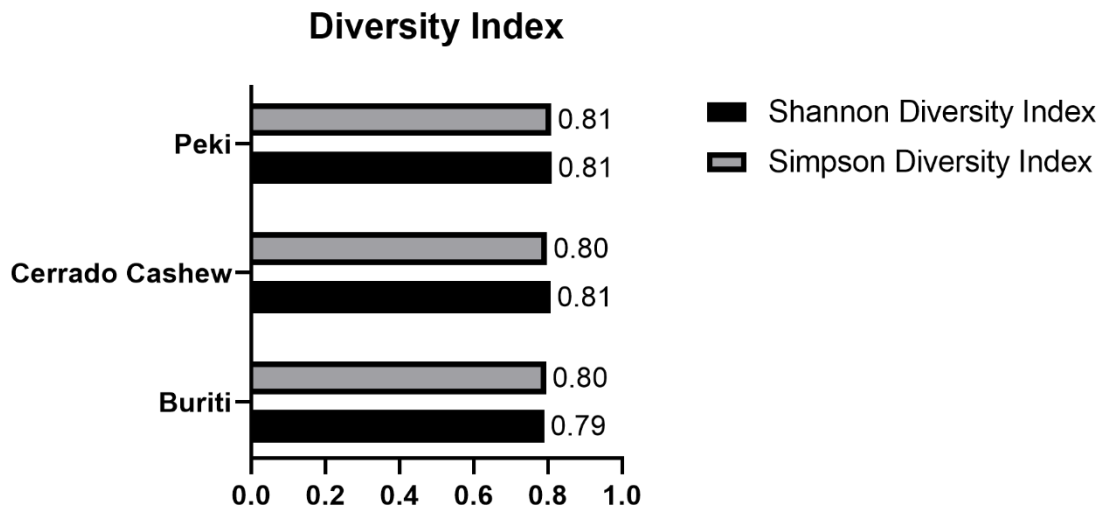


Figure 5. Shannon and Simpson ecological diversity index of the associated mycorrhizal fungi identified in rhizospheric soil of Buriti (*Mauritia flexuosa*), cerrado cashew (*Anacardium humile*) and Peki (*Caryocar brasiliense*) in cerrado.

The Simpson diversity index presents the measure of dominance of the identified genera, from the most weight to the genera that are more frequent in the samples, while the Shannon diversity index presents the measure of gender equity, giving more weight to the rarest and less frequent genera in identifications (Melo, 2008). The values of both indices in all communities studied ranged from 0.79 to 0.81, which represents a relatively uniform distribution of genders in the communities studied.

In the analysis of canonical correspondence (figure 6) it is possible to observe whether the presence of gender in a given community was casual or if it is recurrent based on the frequency in which the genera were identified in the rhizosphere of Buriti (*Mauritia flexuosa*), cerrado cashew (*Anacardium humile*) and Peki (*Caryocar brasiliense*) in soil of clench.

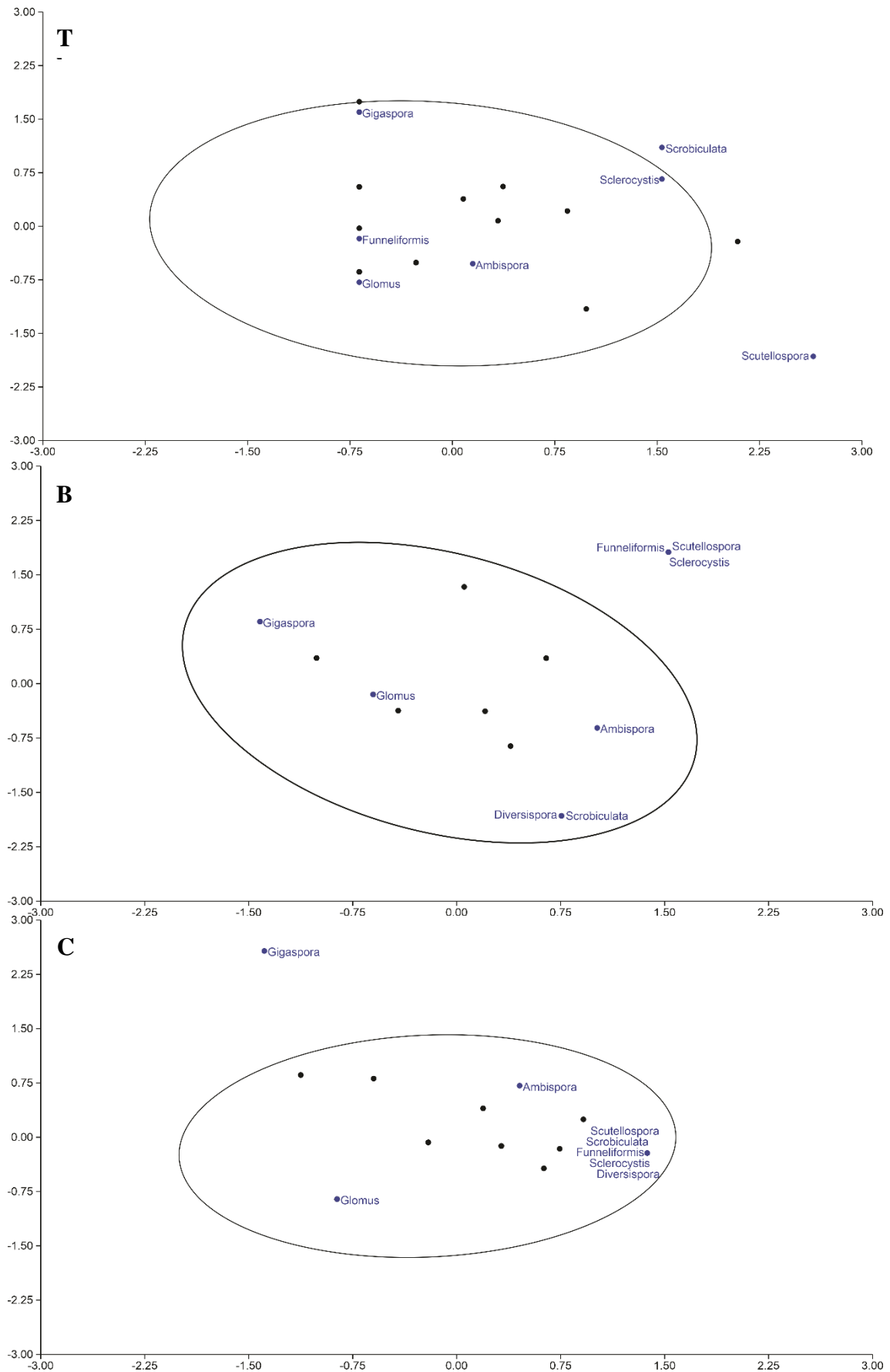


Figure 6. Analysis of canonical correspondence of the associated genera identified in buriti rhizosphere (A), cerrado cashew(B) and Peki (C) in cerrado soil.

When analyzing the genera identified in Buriti rhizosphere (Figure 6A), it was possible to observe that the genera *Scrobiculata* and *Scupellospora* are found with less frequency associated with this plant. In the rhizosphere of cerrado cashew (Figure 6B) the genera *Funneliformis*, *Scutellospora* and *Sclerocystis* are found less frequently than the other. And in relation to the genera identified in peki rhizosphere (figure 6C), only the genus *Gigaspora* is found less frequently.

These values indicate that the genera that are identified less frequently may have been casually found in the rhizospheres of the studied plants. As to be studied the biodiversity of mycorrhizal fungi in bamboo species in cerrado soil (Moura et al., 2019) and in cerrado soils of different phytophysiognomies (Vieira Junior et al., 2020) the genus *Glomus* was the one that was associated with all cerrado plants studied.

Conclusions

There was no statistical difference between the values of spore density and mycorrhizal colonization rate in the three species investigated. The genera *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis*, *Glomus*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Ambispora* and *Scrobiculata* in the rhizosphere of peki, cerrado cashew and buriti were identified. With the exception of *Scrobiculata* and *Scutellospora*, all other genera are commonly found in Buriti. In cerrado cashews, the genera *Funneliformis*, *Sclerocystis* and *Scutellospora* have lower affinity. In the peki rhizosphere, only the genus *Gigaspora* has low affinity with the plant.

References

- Albuquerque, M. L., Guedes, I., Alcantara Jr, P., Moreira, S. G., Barbosa Neto, N. M., Correa, D. S., et al. (2005). Characterization of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil by absorption and emission spectroscopies. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 16, 1113–1117.
- Andrade Júnior, J. A. de, Souza, B. R. de, Souza, R. F., and Moura, J. B. de (2018). Fixação de carbono em sistemas agroecológicos na região do Vale do São Patrício, Goiás. *Científic@ - Multidisciplinary Journal* 5, 85–98. doi:10.29247/2358-260X.2018v5i2.p85-98.
- Angelini, G. A. R., Loss, A., Pereira, M. G., Torres, J. L. R., and Saggin Júnior, O. J. (2012). Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. *Semina: Ciências Agrárias* 33, 115–130. doi:10.5433/1679-0359.2012v33n1p115.

- Balestrini, R., Rosso, L. C., Veronico, P., Melillo, M. T., De Luca, F., Fanelli, E., et al. (2019). Transcriptomic Responses to Water Deficit and Nematode Infection in Mycorrhizal Tomato Roots. *Front. Microbiol.* 10. doi:10.3389/fmicb.2019.01807.
- Belo, A. P. M., Souza, E. R. B. de, Camilo, Y. M. V., Naves, R. V., and Vieira, M. do C. (2019). Fenologia, biometria e precocidade de plantas de caju arbóreo do cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.). *Ciência Florestal* 29, 1672–1684.
- Boutasknit, A., Baslam, M., Ait-El-Mokhtar, M., Anli, M., Ben-Laouane, R., Douira, A., et al. (2020). Arbuscular Mycorrhizal Fungi Mediate Drought Tolerance and Recovery in Two Contrasting Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Ecotypes by Regulating Stomatal, Water Relations, and (In)Organic Adjustments. *Plants* 9, 80. doi:10.3390/plants9010080.
- Cardoso, M. R. D., Marcuzzo, F. F. N., and Barros, J. R. (2015). Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. *Acta Geográfica* 8, 40–55.
- Casagrande, L. I. T. (1985). Micorriza em plantas de cerrado: *Duquetia furfuraceae* (st.hil.) & hook. *BRAZILIAN JOURNAL OF AGRICULTURE - Revista de Agricultura* 60. Available at: <http://revistadeagricultura.com.br/index.php/revistadeagricultura/article/view/681>.
- de ALMEIDA, S. P., and da Silva, J. A. (1994). Piqui e buriti: importancia alimentar para a populacao dos cerrados. *Embrapa Cerrados-Docmentos (INFOTECA-E)*.
- de Oliveira, M. E. B., Guerra, N. B., Barros, L. de M., and Alves, R. E. (2008). Aspectos agronômicos e de qualidade do pequi. *Embrapa Agroindústria Tropical-Docmentos (INFOTECA-E)*.
- dos Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., dos Anjos, L. H. C., de Oliveira, V. Á., Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., et al. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3rd ed. Brasilia: Embrapa Available at: <http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00053080.pdf>.
- Gerdemann, J. W., and Nicolson, T. H. (1963). Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46, 235–244. doi:10.1016/S0007-1536(63)80079-0.
- Giovannetti, M., and Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist* 84, 489–500. doi:10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x.
- Hammer, Ø. (2021). *Past 4.x - PAleontological STatistics*. Oslo: Natural History Museum, University of Oslo.
- Hunke, P., Mueller, E. N., Schröder, B., and Zeilhofer, P. (2015). The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use. *Ecohydrology* 8, 1154–1180. doi:10.1002/eco.1573.
- INVAM (2021). *International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi* | West Virginia University.

- Jeffries, P., Gianinazzi, S., Perotto, S., Turnau, K., and Barea, J. M. (2003). The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soils* 37, 1–16. doi:10.1007/s00374-002-0546-5.
- Johnson, N. C., and Pflieger, F. L. (1992). Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. *Asa special publication; mycorrhizae in sustainable agriculture ASA Special Publication*, 71–99.
- Klink, C. a., and Machado, R. B. (2005). A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1, 147–155. doi:10.1590/S0100-69912009000400001.
- Marcuzzo, F. F. N., de Andrade, L. R., and Melo, D. C. R. (2011). Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geografia Física* 06, 1275–1291. doi:10.5935/1984-2295.20140015.
- Marulanda, A., Azcon, R., and Ruiz-Lozano, J. M. (2003). Contribution of six arbuscular mycorrhizal fungal isolates to water uptake by *Lactuca sativa* plants under drought stress. *Physiologia Plantarum* 119, 526–533. doi:10.1046/j.1399-3054.2003.00196.x.
- Melo, A. S. (2008). O que ganhamos’ confundindo’riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? *Biota Neotropica* 8, 21–27.
- Moura, J. B. de, and Cabral, J. S. R. (2019). *Mycorrhiza in Central Savannas: Cerrado and Caatinga. In: Mycorrhizal Fungi in South America*. 1st ed. Switzerland AG: Springer International Publishing Available at: <https://www.springer.com/gp/book/9783030152277#aboutBook> [Accessed April 3, 2019].
- Moura, J. B. de, Valentim, N. M., Ventura, M. V. A., and Junior, W. G. V. (2017). TAXA DE COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NO CERRADO EM CANA-DE-AÇÚCAR. 2, 60–66.
- Moura, J. B., de Souza, R. F., Junior, W. G. V., Lima, I. R., Brito, G. H. M., and Marín, C. (2019). Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated with Bamboo Under Cerrado Brazilian Vegetation. *J Soil Sci Plant Nutr*. doi:10.1007/s42729-019-00093-0.
- Mundim, T. G., Felfili, J. M., Pinto, J. R. R., and Fagg, C. W. (2018). AVALIAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS DO BIOMA CERRADO NA REVEGETAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DE CERRADO SENSU STRICTO. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer* 18. Available at: <http://revistas.jardimbotanico.ibict.br/index.php/Boletim/article/view/917876> [Accessed November 11, 2019].
- Phillips, J. M., and Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55, 158–161. doi:10.1016/S0007-1536(70)80110-3.

- Santos, R. da C. dos, and Santos Júnior, J. E. dos (2015). Divergência genética por análise multivariada de caracteres fenotípicos de *Anacardium humile* (St. Hilaire) 1. *Revista Ceres* 62, 553–560.
- Santos, L. C. L., and Brito, G. H. M. (2018). Delimitação das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio dos patos, go e identificação dos conflitos de uso de solo. *Ipê Agronomic Journal* 2, 53–60.
- SILVA, F. de A. (2008). *ASSISTAT: Versão 7.7 beta*. Campina Grande-PB: DEAG-CTRN-Universidade Federal de Campina Grande.
- Souza, B. R., Moura, J. B., Oliveira, T. C., Ramos, M. L. G., and Lopes Filho, L. C. (2016). Arbuscular Mycorrhizal fungi as indicative of soil quality in conservation systems in the region of vale do São Patrício, Goiás. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CURRENT RESEARCH* 8, 43307–43311.
- Spera, M. R. N., Cunha, R. da, and Teixeira, J. B. (2001). Quebra de dormência, viabilidade e conservação de sementes de buriti (*Mauritia flexuosa*). *Pesquisa agropecuária brasileira* 36, 1567–1572.
- Taber, A., Navarro, G., and Arribas, M. A. (1997). A new park in the Bolivian Gran Chaco – an advance in tropical dry forest conservation and community-based management. *Oryx* 31, 189. doi:10.1017/S0030605300022122.
- TEAM, Q. D. (2012). *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project Available at: <http://qgis.osgeo.org>.
- VENTURA, M. V. de A., MOURA, J. B. de, SOUZA, R. F. de, VIEIRA JUNIOR, W. G., ROCHA, E. C. V., and SILVA, J. C. (2018). INFLUENCE OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN THE ESTABLISHMENT OF PRE-BROKEN SUGAR CANE SUMMARY. 64, 149–157. doi:10.17707/AgricultForest.64.3.13.
- Vieira Junior, W. G., Moura, J. B. de, Souza, R. F. de, Braga, A. P. M., Matos, D. J. de C., Brito, G. H. M., et al. (2020). Seasonal Variation in Mycorrhizal Community of Different Cerrado Phytophysiomes. *Front. Microbiol.* 11. doi:10.3389/fmicb.2020.576764.

7. CAPÍTULO III

Artigo Submetido na Revista Diversity

Qualis: A1 – Ciências Agrárias

JCR: 2.465

ISSN: 1424-2818

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN DIFFERENT CERRADO PHYTOPHYSIOGNOMIES IN THE STATE OF GOIÁS

Leidiane dos Santos Lucas¹³, Aurélio Rubio Neto¹, Rodrigo Fernandes de Souza²³⁴,
Gustavo Mendes Brito²³, Thaynara Vaz Dias²³, Sandro Dutra e Silva⁴⁵, José Mateus
dos Santos², Jadson Belem de Moura^{*23}

¹Goiano Federal Institute, Rio Verde Campus

²Evangelical College of Goianésia, * jadsonbelem@gmail.com

³Sedmo – Soils, Ecology and Dynamics of Organic Matter

⁴State University of Goiás

⁵Evangelical University of Goiás

* Correspondence: jadsonbelem@gmail.com

Article

Arbuscular Mycorrhizal fungi in Different Cerrado Phytophysionomies in the State of Goiás

Leidiane dos Santos Lucas^{1,3}, Aurélio Rubio Neto¹, Rodrigo Fernandes de Souza^{2,3,4}, Gustavo Mendes Brito^{2,3}, Thaynara Vaz Dias^{2,3}, Sandro Dutra e Silva^{4,5}, José Mateus dos Santos², Jadson Belem de Moura^{*2,3}

¹Goiano Federal Institute, Rio Verde Campus

²Evangelical College of Goianésia, * jadsonbelem@gmail.com

³Sedmo - Soils, Ecology and Dynamics of Organic Matter

⁴State University of Goiás

⁵Evangelical University of Goiás

* Correspondence: jadsonbelem@gmail.com

Abstract: The Cerrado is a biome that has as its main floristic characteristic a diversity of phytophysionomies composed of landscapes ranging from dense tropical forests to areas composed of undergrowth and poorly dense tree species. The cerrado can be classified according to five phytophysionomies, which differ according to the visual characteristics of the landscape, these phytophysionomies are Campo Limpo, Campo sujo, Cerradão, Strictu sensu and Veredas. The understanding of mycorrhizal fungi dynamics in the Cerrado is fundamental for the adoption of conservation practices and for the understanding of the resilience of this biome in relation to adverse situations, thus, this work aims to verify the dynamics of the mycorrhizal population in five phytophysionomies of the Cerrado biome. There was no statistical difference between the values of spore density and mycorrhizal colonization rate in the investigated phytophysionomies. The genera *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis*, *Glomus*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Ambispora* and *Scrobiculata* in the rhizosphere of cerrado plants of the investigated phytophysionomies were identified. Campo Limpo showed greater affinity with *Diversispora* and *Gigaspora*; Campo Sujo with *Gigaspora*, *Glomus* and *Ambispora*; already cerradão did not learn affinity with *Sclerocystis* and *Gigaspora*, Strictu Sensu with *Scutellospora* and *Funneliformis* and Veredas with *Scrobiculata*.

Citation: Lastname, F.; Lastname, F.; Lastname, F. Title. *Diversity* **2021**, *13*, x. <https://doi.org/10.3390/xxx> xx

Academic Editor: Firstname Lastname

Received: date

Accepted: date

Published: date

Keywords: MFAs, Tropical Savannas, Biodiversity

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors.

Submitted for possible open access

publication under the terms and

conditions of the Creative Commons

Attribution (CC BY) license

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Brazil is the largest country in Latin America and one of the main food producers in the world. Much of its territorial extension, about 35% of the Brazilian territory, is covered by a type of vegetation classified as Cerrado[1]. The Cerrado is the second largest Brazilian biome, extending over an area of 2,045,064 km², covering eight states of Central Brazil: Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Bahia, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Piauí and the Federal District [2]. It is cut by three of the largest hydrographic basins in South America, with regular rainfall indices that provide great biodiversity. Behind

only the area occupied by the Amazon, the Cerrado today is considered the last agricultural frontier of the Americas [3,4].

The Cerrado is a biome that has as its main floristic characteristic a diversity of phytophysiognomies composed of landscapes ranging from dense tropical forests to areas composed of undergrowth and poorly dense tree species [2,5,6]. The Cerrado can be considered a type of savannah, because it has mostly phytophysiognomies composed of herbaceous grass species, small shrubs and spaced tree species [6-9].

The Cerrado has one of the greatest biodiversity on the planet, because it is a transition biome that is in direct geographic contact with others important South American biomes such as the Amazon, Caatinga, Atlantic Forest, Pantanal and Bolivian Chacos [3,10]. The predominant soil class in this biome is Oxisols, deep soils of low natural fertility, acids, with intense weathering, rich in iron and aluminum oxides, and deficient in phosphorus [11].

Surveys carried out in different types of Cerrado soil show that arbuscular mycorrhizal fungi are associated with many native plants in the region, encompassing grasses, legumes and tree species, such as pequi and buriti [12]. Of the 79 species of arbuscular mycorrhizal fungi found in Brazilian biomes, 67% were identified in soils of the cerrado region, closely linked to theaphoclimatized conditions of the region [6,13].

According to [1], the cerrado can be classified in five phytophysiognomies, which differ by its visual characteristics of landscape, these phytophysiognomies are Campo Limpo, predominantly composed of undersoil grasses; Campo Sujo, composed of undersoil grasses and small shrubs; Cerradão, characterized by presenting a vigorous and dense forest; Strictu sensu, characterized by the presence of trees of tortuous aspect and tenement bark; and Veredas, characterized by vegetation adapted to water saturation conditions in the soil, lowland areas and close to water bodies (Figure 1).

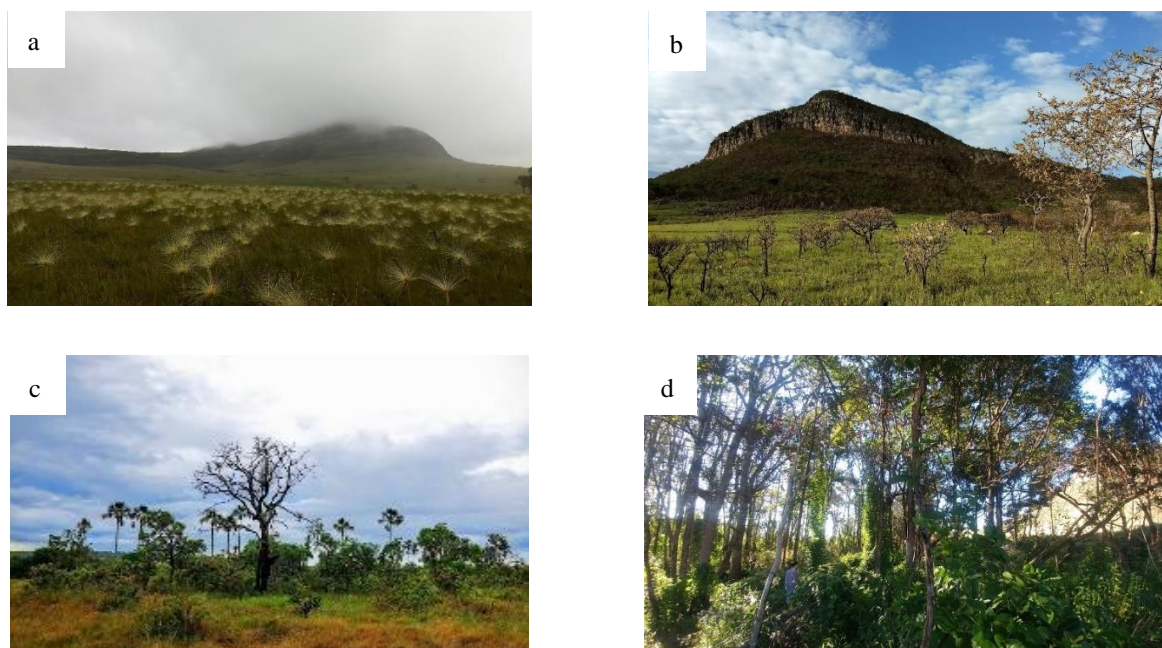




Figure 1. The five phytophysionomies of the Cerrado Biome: Campo Limpo (a), Campo Sujo (b), Cerrado strictu sensu (c), Cerradão (d) and Veredas (e)

However, there are few reports on the ecological manifestations of arbuscular mycorrhizal fungi in the different types of phytophysionomies that the cerrado presents. The understanding of mycorrhizal fungi dynamics in the Cerrado is fundamental for the adoption of conservation practices and for the understanding of the resilience of this biome in relation to adverse situations, thus, this work aims to verify the dynamics of the mycorrhizal population in the five phytophysionomies of the Cerrado biome.

2. Materials and Methods

The samplings were carried out in September 2020 in different cerrado areas in the state of Goiás, samples of roots and rhizospherical soil were collected from the five main phytophysionomies (Figure 1) of the cerrado in the São Patrício Valley region, in Goiás, Brazil, according to the sampling points presented in table 1. Each sample collected was composed of the mixture of samples collected at six different locations at each geographical point.

Table 1. Geographical locations of the collection points of rhizospherical soil samples from cerrado soil in the state of Goiás.

Coord X	Coord Y	Coord X	Coord Y	Coord X	Coord Y
-	-	-	-	-	-
48,9738	15,5203	51,4271	18,9123	50,2791	15,5691
-	-	-	-	-	-
49,9119	15,4453	48,8002	15,1686	48,9673	14,8966
-	-	-	-	-	-
51,5088	-15,877	49,4574	15,3178	50,6046	15,0485
-	-	-	-	-	-
49,9367	17,1089	49,3877	-15,622	52,2288	15,8974
-	-	-	-	-	-
49,2628	15,0439	49,5728	15,5203	49,8886	15,1589
-	-	-	-	-	-
51,1042	20,0638	51,5088	15,8769	49,0504	15,7568
-	-	-	-	-	-
50,3712	15,8946	-48,987	15,5523	50,7143	17,5948
-	-	-	-	-	-
49,3877	-15,622	52,2288	15,8974	49,4509	15,3236
-	-	-	-	-	-

50,6046	15,0485	49,2628	15,0439	50,2791	15,5691
-	-	-	-	-	-
49,7605	-16,008	50,3618	15,8948	49,9129	15,4398
-	-	-	-	-	-
49,0692	15,6515	51,3675	18,8057	48,9673	14,8966
-	-	-	-	-	-
49,5728	15,5203	48,8002	15,1686	-50,2	15,5588
-	-	-	-	-	-
51,1164	18,2782	51,2523	15,9229	48,9737	15,5199
-	-	-	-	-	-
49,9028	15,1437				
-	-	-	-	-	-
49,3877	-15,622	49,2628	15,0439	50,4118	17,4133
-	-	-	-	-	-
52,2094	15,8993	48,9746	15,5201	49,4103	15,7224
-	-	-	-	-	-
51,3159	19,4792	-50,279	15,5691	49,4554	15,3193
-	-	-	-	-	-
50,6046	15,0485	51,4355	-19,324	-49,867	15,1592
-	-	-	-	-	-
-50,279	15,5691	49,0701	15,6494	50,3625	15,8948
-	-	-	-	-	-
50,9914	18,0155	49,9119	15,4453	51,1209	18,5498
-	-	-	-	-	-
48,8002	15,1686	51,3341	15,9322	49,8695	15,1583
-	-	-	-	-	-
49,5728	15,5203	48,9673	14,8966		

The analyses were carried out in the laboratory of agricultural microbiology of the Evangelical College of Goianésia. The spores of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) were extracted from 50 mL rhizospherical soil by the wet sieving technique [14] followed by centrifugation in water and sucrose solution 50 %. The spores were separated according to their phenotypic characteristics such as color, size and shape, composing the different morphotypes, under stereoscopic binocular magnifying glass.

To determine the percentage of colonization, the roots were clarified and colored with 0.05% Trypan Blue in lactoglycerol [15] and the evaluation of colonization was done by a stereoscopic microscope, following the quadrant intersection technique [16].

To identify the genera of AMF from morphological characteristics, the spores were separated according to their morphotypes and mounted on blades with pure polyvinyl-lactoglycol (PVLG) and PVLG mixed with Melzer (1:1 v/v). To support the identification work, original articles of species description as well as species descriptions provided by the website of the "International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi were used" [17].

The maps were generated from the Quantum Gis 2.18 program [18–20]. The data were submitted to variance analysis, and statistical analyses were performed by the Assisat software [21]. The analyses of major components and diversity indices were performed by the Past software [22]. The graphics were rendered and produced by the Prism GraphPad software [23].

3. Results and Discussion

There was no statistical difference in the values of spore density and mycorrhizal colonization rate (Figure 2) in the rhizosphere of cerrado phytophysiognomies investigated (Campo Limpo, Campo Sujo, Cerradão, Strictu Sensu and Veredas).

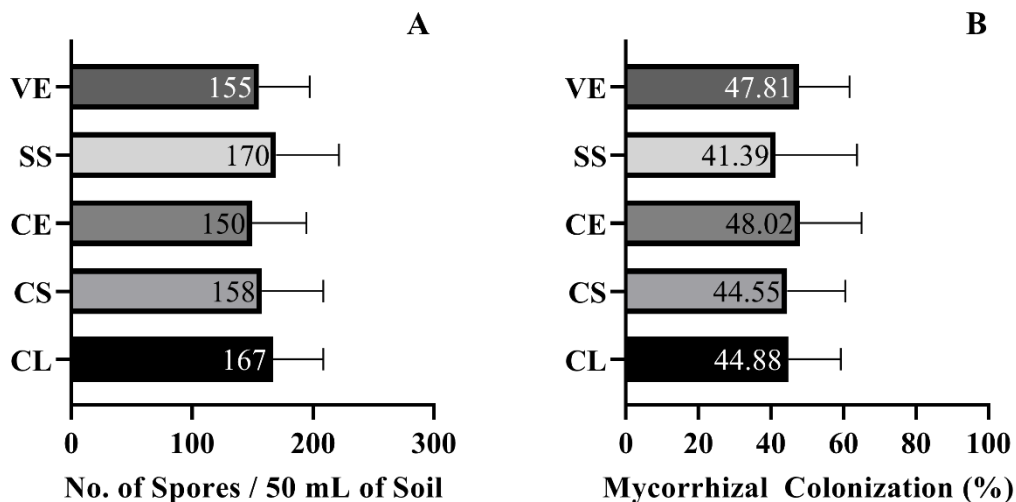


Figure 2. Density of spores (A) and mycorrhizal colonization rate (B) in different cerrado phytophysiognomies. CL - Campo Limpo, CS - Campo Sujo, CE - Cerradão, SS - Strictu Sensu, VE - Veredas.

The low nutrients availability in soil and waterstress, which are typical conditions of the Brazilian Cerrado [6], promotes the colonization of the roots and that increase the density of spores of mycorrhizal fungi [24,25]. The Cerrado soils are classified, mostly, as Oxisols [11], which are oxidized soils with excesses in phosphorus, a situation that directly affects mycorrhizal activity [26], increasing the density of spores produced by the fungus in the soil [25,27].

The increase in spore density values is an environmental response of the fungus to stress situations submitted to the plant in which it is associated [28]. These fungi are closely linked to the adaptability of plants to the stressful edaphoclimatic conditions of the Cerrado [6]. The climate of the region is tropical, with two well-defined seasons, being the dry winter, between the months of April and September, and the humid summer, between the months of October and March [29]. Samples were collected in August, at the end of the dry season, indicating that the plants underwent a five-month dry season. This factor may explain the high density of spores, as well as the absence of statistical difference, found in the phytophysiognomies evaluated.

The mycorrhizal colonization rate (Figure 2B) also showed no difference between the phytophysiognomies investigated. Mycorrhizal colonization values represent how much the symbiotic association between the plant and fungus are functional, values similar to those found in the same phytophysiognomies investigated by [30], which evaluated the influence of the seasons on the rate of mycorrhizal colonization.

The higher the root colonization rate by arbuscular mycorrhizal fungi, the more representative the values of water and nutrient absorption by the fungus for the plant [31,32]. The

arbuscle, fungal structure present in the roots is the main place of exchange and communication between the fungus and the plant in mycorrhizal symbiosis [33,34]. These values may vary depending on the need of the plant, when the plant is under stress situation, colonization values may increase[35].

Figure 3 shows the heat map of spore density and mycorrhizal colonization rate in cerrado soil in the Vale region of São Patrício, in Goiás, Brazil.

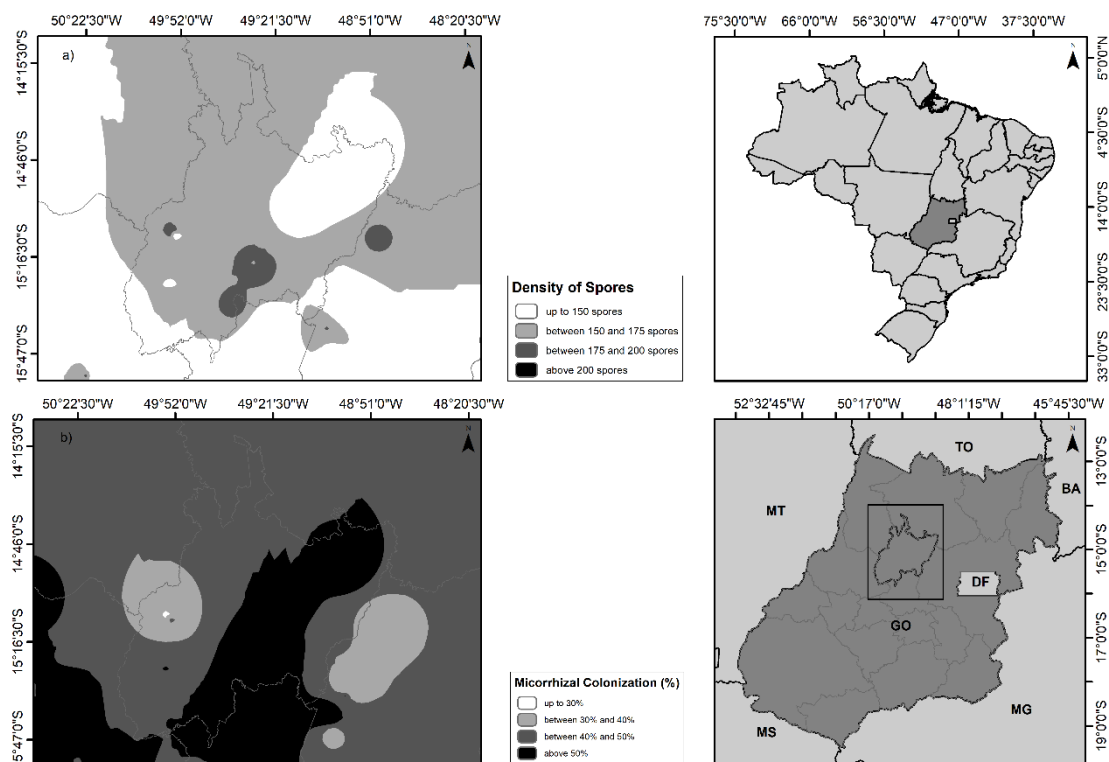


Figure 3. Heat maps of spore density (a) mycorrhizal colonization rate (b) in roots in Cerrado soil of the São Patrício Valley region in Goiás.

The values of spore density (figure 3a) and mycorrhizal colonization rate (Figure 3b) showed uniform distribution in the investigated region. Mycorrhizal fungi are capable of colonizing about 80% of plant species[36]. Colonization by mycorrhizal fungi plays a fundamental role for the survival of plants in stressful situations, having nutritional and non-nutritional function, assisting in the absorption of nutrients in areas where the roots are not able to reach, mitigate the effects of high concentrations of heavy metals and changes in pH, accumulate growth promoters, increase tolerance to stresses and promote soil aggregation [27,37].

Table 2 shows the genera of arbuscular mycorrhizal fungi identified in samples collected from Cerrados type Campo Limpo, Campo Sujo, Strictu Sensu, Cerradão and Veredas. The presence of the genera *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Scutellospora* *Sclerocystis*, *Glomus*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Ambispora* and *Scrobiculata* associated with the phytophysiognomies studied were verified.

Table 1. Genera of arbuscular mycorrhizal fungi identified in rhizospherical soil of different cerrado phytophysiognomies. CL - Campo Limpo, CS - Campo Sujo, CE - Cerradão, SS - Strictu Sensu, VE - Veredas.

Genera (FMA)	CL	CS	CE	SS	VE
<i>Acaulospora</i>	+	+	+	+	+
<i>Claroideglomus</i>	+	-	+	+	-
<i>Diversispora</i>	+	+	+	+	-
<i>Scutellospora</i>	+	+	+	+	+
<i>Sclerocystis</i>	+	+	+	+	+
<i>Glomus</i>	+	+	+	+	+
<i>Funneliformis</i>	+	-	-	+	+
<i>Gigaspora</i>	+	+	+	+	+
<i>Ambispora</i>	+	+	+	+	+
<i>Scrobiculata</i>	+	-	+	-	+

All genera presented in rhizospherical soil of Campo Limpo were identified. The genera *Claroideglomus*, *Funneliformis* and *Scrobiculata* in Campo Sujo, *Funneliformis* in Cerradão, *Scrobiculata* in Strictu Sensu and *Claroideglomus* in Veredas were not identified.

The genera identified here are commonly found associated in plants in Cerrado soil. When investigating arbuscular mycorrhizal community in different phytophysiognomies of the Cerrado, [38] found seven genera, among them, three were found in the present work, being *glomus*, *Scutellospora* and *Gigaspora*, where the genus *Glomus* was the most abundant. [30] evaluated the seasonal variation in different phytophysiognomies of the Cerrado and found eight genera of mycorrhizal fungi, namely *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis* and *Scutellospora*.

By analyzing the frequency at which each genus was identified associated with the studied plant, it is possible to determine the diversity index of individuals (Figure 4). The diversity index measure the richness and abundance of genera of associated arbuscular mycorrhizal fungi and identified from the five phytophysiognomies studied.

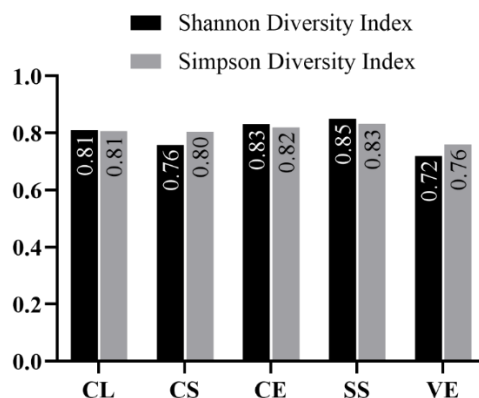


Figure 1. Shannon and Simpson ecological diversity index of the genera of associated mycorrhizal fungi identified in rhizospherical soil of different cerrado

phytophysiognomies. CL - Campo Limpo, CS - Campo Sujo, CE - Cerradão, SS - Strictu Senu, VE - Veredas.

The Simpson diversity index presents the measure of dominance of the identified genera because it gives more weight to the genera that are more frequent in the samples, while the Shanon diversity index presents the measure of gender equity, giving more weight to the rarest and less frequent genera in identifications [39]. The values of both indices in all communities studied ranged from 0.7 to 0.85, which represents a relatively uniform distribution of genders in the communities studied.

In the analysis of canonical correspondence (Figure 5) it is possible to observe whether the presence of gender in each community was casual or if it is recurrent based on the frequency at which each genus is identified in the rhizosphere of Campo Limpo, Campo Sujo, Strictu Senu, Cerradão and Veredas.

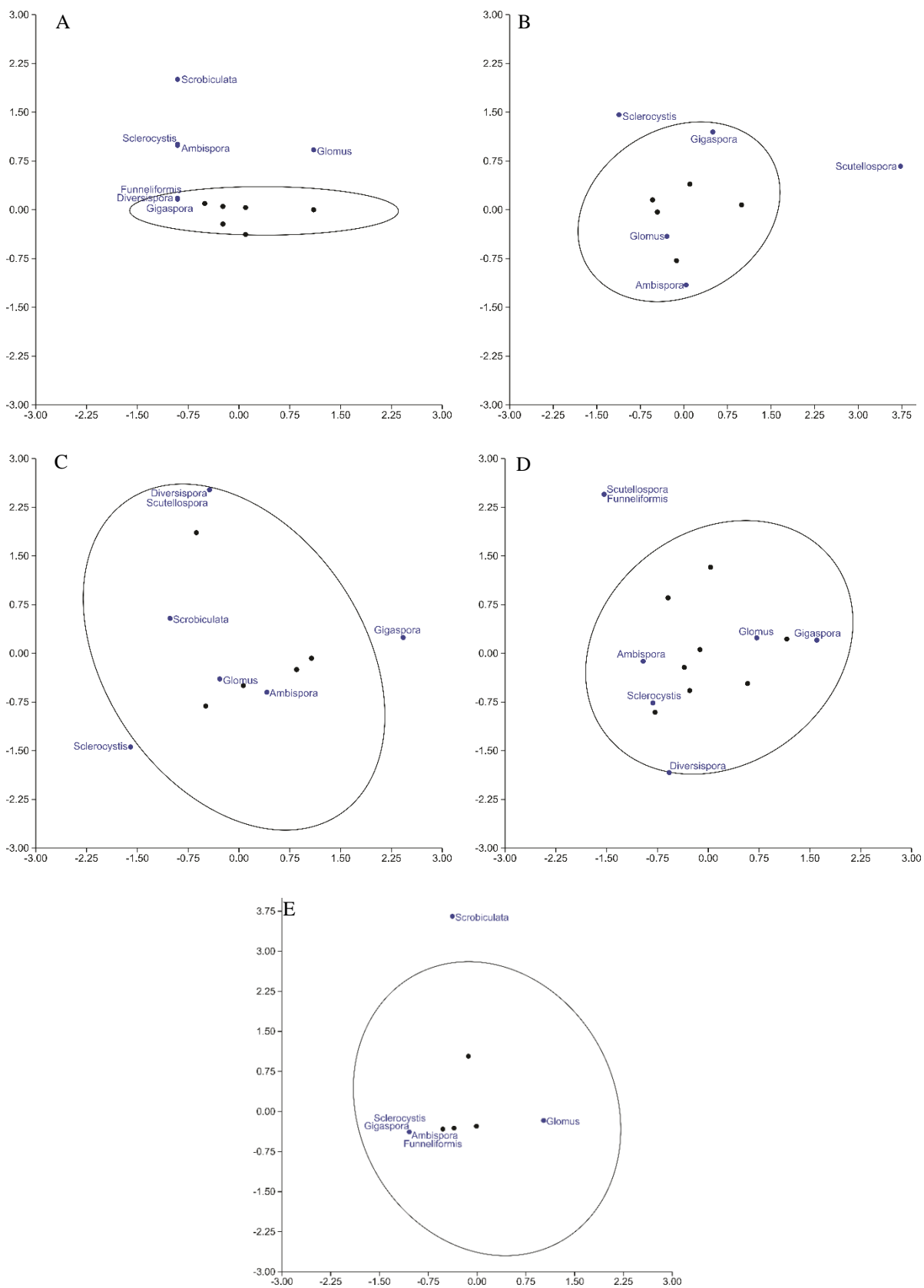


Figure 5. Canonical correspondence analysis of the associated genera identified in rhizosphere of different cerrado phytophysiognomies. CL - Campo Limpo (A), CS - Campo Sujo (B), CE - Cerradão (C), SS - Strictu Sensu (D), VE - Veredas (E).

In the rhizospheric soil analyzed from Campo Limpo, the genera *Diversispora*, *Gigaspora* and *Funneliformis* are the most commonly found associated. In the rhizosphere of Campo Sujo, the genera *Sclerocystis* and *Scutellospora* were found less frequently, indicating lower affinity with the plants of this phytophysiognomy. The genera with the lowest affinity with Cerradão were *Gigaspora* and *Sclerocystis*, in Strictu Sensu they were *Scutellospora* and *Funneliformis* and in Veredas the genus with the lowest affinity was *Scrobiculata*.

According to Araújo et al. (2021), when studying the mycorrhizal community of different phytophysiognomies of the Cerrado, the genus *Glomus* was the most abundant in all phytophysiognomies of the Cerrado and, according to Vieira et al. (2020), the genus *Glomus* was the one that was associated with all plant species in different phytophysiognomies of the Cerrado.

4. Conclusions

There was no statistical difference between the values of spore density and mycorrhizal colonization rate in the investigated phytophysiognomies. The genera *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis*, *Glomus*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Ambispora* and *Scrobiculata* were found in the rhizosphere of cerrado plants of the investigated phytophysiognomies. Campo Limpo showed greater affinity with *Diversispora* and *Gigaspora*; Campo sujo with *Gigaspora*, *glomus* and *Ambispora*; already cerradão did not learn affinity with *Sclerocystis* and *Gigaspora*, Strictu Sensu with *Scutellospora* and *Funneliformis* and Veredas with *Scrobiculata*.

References

1. Batalha, M.A. O Cerrado Não é Um Bioma. *Biota Neotropica* 2011, 11, 1-4.
2. Hunke, P.; Mueller, E.N.; Schröder, B.; Zeilhofer, P. The Brazilian Cerrado: Assessment of Water and Soil Degradation in Catchments under Intensive Agricultural Use. *Ecohydrology* 2015, 8, 1154-1180, doi:10.1002/eco.1573.
3. Klink, C. a.; Machado, R.B. A Conservação Do Cerrado Brasileiro. *Megadiversidade* 2005, 1, 147-155, doi:10.1590/S0100-69912009000400001.
4. Braz, S.P.; Urquiaga, S.; Alves, B.J.R.; Boddey, R.M. Degradação de Pastagens, Matéria Orgânica Do Solo e a Recuperação Do Potencial Produtivo Em Sistemas de Baixo "Input" Tecnológico Na Região Dos Cerrados; Seropédica, RJ, 2004;
5. Veloso, H.P.; Rangel Filho, A.L.R.; Lima, J.C.A. Classificação Da Vegetação Brasileira Adaptada a Um Sistema Universal; CDDI, Ed.; FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: Rio de Janeiro, 1991; ISBN 85-240-0384-7.
6. Moura, J.B. de; Cabral, J.S.R. Mycorrhiza in Central Savannahs: Cerrado and Caatinga. In: *Mycorrhizal Fungi in South America; Fungal Biology*; 1st ed.; Springer International Publishing: Switzerland AG, 2019; Vol. 1; ISBN 978-3-030-15227-7.
7. Vieira, F.A. Micorrizas Na Região Do Cerrado. PhD Thesis, Universidade de Brasília, 2001.
8. Barbosa, A.S. Sistema Biogeográfico Do Cerrado: Alguns Elementos Para Sua Caracterização; Editora UCG, 2006;
9. Beuchle, R.; Grecchi, R.C.; Shimabukuro, Y.E.; Seliger, R.; Eva, H.D.; Sano, E.; Achard, F. Land Cover Changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga Biomes from 1990 to 2010 Based on a Systematic Remote Sensing Sampling Approach. *Applied Geography* 2015, 58, 116-127, doi:10.1016/J.APGEOG.2015.01.017.
10. Taber, A.; Navarro, G.; Arribas, M.A. A New Park in the Bolivian Gran Chaco - an Advance in Tropical Dry Forest Conservation and Community-Based Management. *Oryx* 1997, 31, 189, doi:10.1017/S0030605300022122.
11. dos Santos, H.G.; Jacomine, P.K.T.; dos Anjos, L.H.C.; de Oliveira, V.Á.; Lumberras, J.F.; Coelho, M.R.; de Almeida, J.A.; Cunha, T.J. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos; 3rd ed.; Embrapa: Brasília, 2018; ISBN 978-85-7035-198-2.
12. Miranda, J.C.C. de Cerrado: Micorriza Arbuscular, Ocorrência e Manejo; 1a.; Embrapa: Brasília, DF., 2008; ISBN 978-85-7075-049-5.
13. Moreira, F.M.S. (Fattima M.S.); Siqueira, J.O. (José O.; Brussaard, L. (Lijbert) Soil Biodiversity in Amazonian and Other Brazilian Ecosystems; CABI Pub, 2006; ISBN 9781845930349.

14. Gerdemann, J.W.; Nicolson, T.H. Spores of Mycorrhizal Endogone Species Extracted from Soil by Wet Sieving and Decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 1963, 46, 235–244, doi:10.1016/S0007-1536(63)80079-0.
15. Phillips, J.M.; Hayman, D.S. Improved Procedures for Clearing Roots and Staining Parasitic and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Rapid Assessment of Infection. *Transactions of the British Mycological Society* 1970, 55, 158–161, doi:10.1016/S0007-1536(70)80110-3.
16. Giovannetti, M.; Mosse, B. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *New Phytologist* 1980, 84, 489–500, doi:10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x.
17. INVAM International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi | West Virginia University; 2021;
18. Marcuzzo, F.F.N.; de Andrade, L.R.; Melo, D.C.R. Métodos de Interpolação Matemática No Mapeamento de Chuvas Do Estado Do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geografia Física* 2011, 06, 1275–1291, doi:10.5935/1984-2295.20140015.
19. TEAM, Q.D. QGIS Geographic Information System; Open Source Geospatial Foundation Project, 2012;
20. Santos, L.C.L.; Brito, G.H.M. Delimitação Das Áreas de Preservação Permanente Na Bacia Hidrográfica Do Rio Dos Patos, Go e Identificação Dos Conflitos de Uso de Solo. *Ipê Agronomic Journal* 2018, 2, 53–60.
21. SILVA, F. de A. ASSISTAT: Versão 7.7 Beta; DEAG-CTRN-Universidade Federal de Campina Grande: Campina Grande-PB, 2008;
22. Hammer, Ø. Past 4.x - PAleontological STatistics; PAleontological STatistics; Natural History Museum, University of Oslo: Oslo, 2021;
23. SWIFT, M.L. Prism - GraphPad; 2020;
24. Dantas, B.L.; Weber, O.B.; Maciel Neto, J.P.; Rossetti, A.G.; Pagano, M.C. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em pomar orgânico no semiárido cearense. *Cienc. Rural* 2015, 45, 1480–1486, doi:10.1590/0103-8478cr20130097.
25. Nunes, H.B.; Goto, B.T.; Coimbra, J.L.; Oliveira, J.S.; Tavares, D.G.; Rocha, M.S.; Silva, F.L.; Soares, A.C.F. Is Arbuscular Mycorrhizal Fungal Species Community Affected by Cotton Growth Management Systems in the Brazilian Cerrado? *An. Acad. Bras. Ciênc.* 2019, 91, doi:10.1590/0001-3765201920180695.
26. Elbon, A.; Whalen, J.K. Phosphorus Supply to Vegetable Crops from Arbuscular Mycorrhizal Fungi: A Review. *Biological Agriculture & Horticulture* 2015, 31, 73–90.
27. 2de Pontes, J.S.; Oehl, F.; Pereira, C.D.; de Toledo Machado, C.T.; Coyne, D.; da Silva, D.K.A.; Maia, L.C. Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the Brazilian's Cerrado and in Soybean under Conservation and Conventional Tillage. *Applied Soil Ecology* 2017, 117–118, 178–189, doi:10.1016/j.apsoil.2017.04.023.
28. Sivakumar, N. Effect of Edaphic Factors and Seasonal Variation on Spore Density and Root Colonization of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Sugarcane Fields. *Annals of Microbiology* 2013, 63, 151–160, doi:10.1007/s13213-012-0455-2.
29. Cardoso, M.R.D.; Marcuzzo, F.F.N.; Barros, J.R. Classificação Climática de Köppen-Geiger Para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. *Acta Geográfica* 2015, 8, 40–55.
30. Vieira Junior, W.G.; Moura, J.B.D.; Souza, R.F. de; Braga, A.P.M.; Matos, D.J. de C.; Brito, G.H.M.; Santos, J.M. dos; Moreira, R.M.; Dutra e Silva, S. SEASONAL VARIATION IN MYCORRHIZAL COMMUNITY OF DIFFERENT CERRADO PHYTOPHYSIOMIES. *Front. Microbiol.* 2020, 11, doi:10.3389/fmicb.2020.576764.
31. Abbott, L.K.; Robson, A.D. Factors Influencing the Occurrence of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizas. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1991, 35, 121–150, doi:10.1016/0167-8809(91)90048-3.
32. Al-Karaki, G.; McMichael, B.; Zak, J. Field Response of Wheat to Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Drought Stress. *Mycorrhiza* 2004, 14, 263–269, doi:10.1007/s00572-003-0265-2.
33. An, G.H.; Kobayashi, S.; Enoki, H.; Sonobe, K.; Muraki, M.; Karasawa, T.; Ezawa, T. How Does Arbuscular Mycorrhizal Colonization Vary with Host Plant Genotype? An Example Based on Maize (*Zea Mays*) Germplasms. *Plant and Soil* 2010, 327, 441–453, doi:10.1007/s11104-009-0073-3.
34. Balestrini, R.; Rosso, L.C.; Veronico, P.; Melillo, M.T.; De Luca, F.; Fanelli, E.; Colagiero, M.; di Fossalunga, A.S.; Ciancio, A.; Pentimone, I. Transcriptomic Responses to Water Deficit and Nematode Infection in Mycorrhizal Tomato Roots. *Front. Microbiol.* 2019, 10, doi:10.3389/fmicb.2019.01807.
35. Begum, N.; Qin, C.; Ahanger, M.A.; Raza, S.; Khan, M.I.; Ashraf, M.; Ahmed, N.; Zhang, L. Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. *Front. Plant Sci.* 2019, 10, doi:10.3389/fpls.2019.01068.
36. Ferreira, D.A. a; Carneiro, M.A.C. b; Saggin Jr., O.J. c Arbuscular Mycorrhizal Fungi in an Oxisol under Managements and Uses in Cerrado [Fungos Micorrízicos Arbusculares Em Um Latossolo Vermelho Sob Manejos e Usos No Cerrado]. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 2012, 36, 51–61, doi:10.1590/S0100-06832012000100006.
37. Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O. Micorrizas. In *Microbiologia e Bioquímica do Solo*; Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O., Eds.; 2006; p. 729 ISBN 85-87692-33-X.
38. Dantas-Medeiros, R.; Zanatta, A.C.; de Souza, L.B.F.C.; Fernandes, J.M.; Amorim-Carmo, B.; Torres-Rêgo, M.; Fernandes-Pedrosa, M. de F.; Vilegas, W.; Araújo, T.A. de S.; Michel, S.; et al. Antifungal and Antibiofilm Activities of B-Type Oligomeric Procyanidins From

- Commiphora Leptophloeos Used Alone or in Combination With Fluconazole Against Candida Spp. Front Microbiol 2021, 12, doi:10.3389/fmicb.2021.613155.
39. Melo, A.S. O Que Ganhamos' Confundindo'riqueza de Espécies e Equabilidade Em Um Índice de Diversidade? Biota Neotropica 2008, 8, 21-27.

8. CONCLUSÕES GERAIS

- Não foi verificada diferença na densidade de esporos na rizosfera das plantas estudadas; A forrageira *Brachiaria decumbens* atingiu maior taxa de colonização micorrízica e; A forrageira *Megathyrsus maximum* cv. Mombaça teve o menor valor estatístico. Os gêneros de fungos micorrízicos identificados são comumente encontrados em rizosfera em todas as gramíneas investigadas, com exceção dos gêneros *Gigaspora*, *Scutelospora* e *Sclerocysts*, indicando que a associação com estes gêneros de fungo é menos recorrente do que com as demais.
- Não foram verificadas diferenças entre os valores de densidade de esporos e taxa de colonização micorrízica nas três espécies investigadas. Foram identificados os gêneros *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis*, *Glomus*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Ambispora* e *Scrobiculata* na rizosfera de pequi, caju do cerrado e buriti. Com exceção de *Scrobiculata* e *Scutellospora*, todos os demais gêneros são comumente encontrados em buriti. Em caju-do-cerrado, os gêneros *Funneliformis*, *Sclerosystis* e *Scutellospora* tiveram menor afinidade. Já na rizosfera de pequi, somente o gênero *Gigaspora* teve baixa afinidade com a planta.
- Não foram verificadas diferenças entre os valores de densidade de esporos e taxa de colonização micorrízica nas fitofisionomias investigadas. Foram identificados os gêneros *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis*, *Glomus*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Ambispora* e *Scrobiculata* na rizosfera de plantas de cerrado das fitofisionomias investigadas. Campo Limpo teve maior afinidade com *Diversispora* e *Gigaspora*; Campo Sujo com *Gigaspora*, *Glomus* e *Ambispora*; já o Cerradão não apresentou afinidade com *Sclerovystis* e *Gigaspora*, Strictu Sensu com *Scutellospora* e *Funneliformis* e Veredas com *Scutellospora*.