



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

KAIO HENRIQUE PINHEIRO GOMES

**IMPACTOS DA PLUVIOSIDADE PARA A COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA EM
DIFERENTES AMBIENTES DO SEMIÁRIDO**

FORTALEZA

2020

KAIO HENRIQUE PINHEIRO GOMES

IMPACTOS DA PLUVIOSIDADE PARA A COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA EM
DIFERENTES AMBIENTES DO SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais. Área de Concentração: Ecologia Terrestre.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho.
Coorientadora: Prof. Dra. Roberta Boscaini Zandavalli.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G614i Gomes, Kaio Henrique Pinheiro.
Impactos da pluviosidade para a colonização micorrízica em diferentes ambientes do semiárido / Kaio Henrique Pinheiro Gomes. – 2020.
35 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho.

Coorientação: Prof. Dr. Roberta Boscaini Zandavalli.

1. Associações micorrízicas. 2. Severidade abiótica. 3. sobrevivência. I. Título.

CDD 577

KAIO HENRIQUE PINHEIRO GOMES

IMPACTOS DA PLUVIOSIDADE PARA A COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA EM
DIFERENTES AMBIENTES DO SEMIÁRIDO

Dissertação submetida ao Programa de pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais. Área de Concentração: Ecologia Terrestre.

Aprovado em: 30/10/2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Arthur Prudêncio de Araújo Pereira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Andréa Pereira Silveira
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente aos meus pais e toda minha família, por serem minha base, minha força para continuar minha jornada, por serem minha vida, sem vocês eu nada seria. Obrigado pelos conselhos e principalmente por sempre acreditarem em mim e estarem comigo em todos os momentos da minha vida. Amo vocês.

Aos meus amigos e colegas de sala, por estarem sempre por perto quando eu precisei e pelos conselhos e bons momentos que sempre tivemos.

Ao meu orientador Sebastião e minha coorientadora Roberta Zandavalli por acreditarem em mim e me orientarem de forma tão proveitosa.

A todos meus professores e professoras. Agradeço pela coragem e esforço em buscar formas de me mostrar toda a exuberância da ecologia.

A todos os profissionais e professores dos laboratórios em que frequentei nesse período, que me forneceram o espaço e os materiais que necessitei.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Recursos Naturais, pela oportunidade de aprender e desenvolver minha pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“O homem tem apenas um fim: escolher para vantagem de si próprio; a natureza, ao contrário, escolhe para vantagem do próprio ser” (Darwin, Charles).

RESUMO

Dentre as relações ecológicas que encontramos na natureza destacam-se as interações positivas mutualísticas, como as associações micorrizas, uma relação bastante comum na natureza que é estabelecida entre fungos e raízes de plantas. Em locais onde as condições abióticas são adversas, espécies vegetais que fazem tal associação tendem a se sobressair em relação as demais por conta da maior facilidade de coleta dos recursos limitantes. Considerando a hipótese do gradiente de estresse, é esperado que as interações positivas aumentem a medida que o ambiente se torna mais estressante, mas ainda não se sabe exatamente como as interações mutualísticas, como as micorrizas, respondem a esse estresse. A partir disso, testamos a hipótese de se as associações micorrízicas se tornam mais comuns em ambientes mais estressantes, como ambientes mais secos. Neste trabalho, buscamos entender como as associações micorrízicas variam em locais com diferentes severidades abióticas e o quanto essa associação é necessária para a vegetação sobreviver nesses ambientes. Para isso, coletamos as raízes finas das espécies lenhosas mais representativas de três locais com diferentes índices de pluviosidade e aridez no semiárido brasileiro para fazer uma análise comparativa da taxa colonização micorrízica nesses ambientes. Os resultados obtidos apontaram que o ambiente mais seco e árido é o que apresentou maior colonização micorrízica dentre os três. Os outros dois locais tiveram uma maior taxa de colonização micorrízica facultativa, o que justifica também uma menor taxa de colonização nesses ambientes, porém, outros fatores podem interferir também nessa taxa. Portanto, podemos constatar que a pluviosidade pode ser um importante fator para a variação da colonização micorrízica.

Palavras-chave: associações micorrízicas; severidade abiótica; sobrevivência.

ABSTRACT

Among the ecological relationships we find in nature, positive mutualistic interactions stand out, such as mycorrhizal associations, a very common relationship in nature that is established between fungi and plant roots. In places where abiotic conditions are adverse, plant species that make such an association tend to stand out in relation to the others due to the greater ease of collection of limiting resources. Considering the stress gradient hypothesis, positive interactions are expected to increase as the environment becomes more stressful, but it is not yet known exactly how mutualistic interactions, such as mycorrhizae, respond to this stress. From this, we tested the hypothesis of whether mycorrhizal associations become more common in more stressful environments, such as drier environments. In this work, we seek to understand how mycorrhizal associations vary in locations with different abiotic severities and how much this association is necessary for vegetation to survive in these environments. For this, we collected the fine roots of the most representative woody species from three locations with different rainfall and aridity rates in the Brazilian semiarid region to make a comparative analysis of the mycorrhizal colonization rate in these environments. The results obtained showed that the driest and most arid environment is the one with the greatest mycorrhizal colonization among the three. The other two sites had a higher rate of facultative mycorrhizal colonization, which also justifies a lower rate of colonization in these environments, however, other factors may also interfere in this rate. Therefore, we can see that rainfall can be an important factor for the variation of mycorrhizal colonization.

Keywords: mycorrhizal associations; abiotic severity; survival.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Modelo dos transectos propostos pelo projeto do ICMBio no Parque Nacional de Sete Cidades – PI	16
Figura 2	– Porcentagem de colonização micorrízica (%) da vegetação arbórea em gradiente de estresse, mais restritivos e com flutuações climáticas maiores (Aiuaba), ambiente intermediário (Sete cidades) e ambiente com maior disponibilidade de recursos e clima mais estáveis (Ubajara). ANOVA <i>one way</i> seguida de teste de Tukey ($P < 0,05$)	19
Figura 3	– Densidade vegetal nos locais de coleta da vegetação arbórea em gradiente de estresse, mais restritivos e com flutuações climáticas maiores (Caatinga - Aiuaba), ambiente intermediário (Cerrado - Sete cidades) e ambiente com maior disponibilidade de recursos e clima mais estáveis (Mata Úmida - Ubajara). ANOVA <i>one way</i> seguida de teste de Tukey ($P < 0,05$)	23
Figura 4	– Riqueza vegetal nos locais de coleta da vegetação arbórea em gradiente de estresse, mais restritivos e com flutuações climáticas maiores (Caatinga - Aiuaba), ambiente intermediário (Cerrado - Sete cidades) e ambiente com maior disponibilidade de recursos e clima mais estáveis (Mata Úmida - Ubajara). ANOVA <i>one way</i> seguida de teste de Tukey ($P < 0,05$)	24
Figura 5	– Diversidade vegetal nos locais de coleta da vegetação arbórea em gradiente de estresse, mais restritivos e com flutuações climáticas maiores (Caatinga - Aiuaba), ambiente intermediário (Cerrado - Sete cidades) e ambiente com maior disponibilidade de recursos e clima mais estáveis (Mata Úmida - Ubajara). ANOVA <i>one way</i> seguida de teste de Tukey ($P < 0,05$)	25
Figura 6	– Índice de Pielou nos locais de coleta da vegetação arbórea em gradiente de estresse, mais restritivos e com flutuações climáticas maiores (Caatinga - Aiuaba), ambiente intermediário (Cerrado - Sete cidades) e ambiente com maior disponibilidade de recursos e clima mais estáveis	26

(Mata Úmida - Ubajara). ANOVA *one way* seguida de teste de Tukey
($P < 0,05$)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Porcentagem de colonização micorrízica (%) de espécies arbóreas na Savana Estépica (Caatinga), da ESEC de Aiuaba, Ceará, Brasil	20
Tabela 2	– Porcentagem de colonização micorrízica (%) de espécies arbóreas na Savana (Cerrado), do PARNA de Sete Cidades, Piauí, Brasil	21
Tabela 3	– Porcentagem de colonização micorrízica (%) de espécies arbóreas na floresta estacional sempre verde (Mata Úmida), do PARNA de Ubajara, Ceará, Brasil	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	14
3	MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1	Caracterização dos locais de coleta	16
3.2	Coleta de campo	16
3.3	Análise das micorrizas em laboratório	17
3.4	Análise da vegetação	17
3.5	Análises estatísticas	17
4	RESULTADOS	18
4.1	Colonização micorrízica	18
4.2	Densidade	21
4.3	Riqueza	22
4.4	Diversidade	23
4.5	Índice de equabilidade de Pielou	24
5	DISCUSSÃO	26
6	CONCLUSÃO	28
	REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

Os últimos anos têm sido marcados pelo agravamento das mudanças climáticas em nosso planeta. Em virtude disso, vários ecossistemas estão se tornando mais estressantes, compondo um cenário que deve exigir das espécies adaptações no sentido de aumentar sua eficiência no uso dos recursos disponíveis. Diante desse quadro, uma das estratégias que pode ajudar no aumento da sobrevivência dos indivíduos são as interações positivas, que se configuram como estratégias que podem ajudar no aumento das taxas de germinação (DAVID et al., 2020), crescimento e sobrevivência dos indivíduos (BERTNESS e CALLAWAY, 1994).

O conceito de interações positivas ganha corpo a partir da ideia determinística de Clements (1916), que sugere que os organismos de uma comunidade trabalham como um “superorganismo” no qual cada espécie possui uma função no ambiente, atuando de modo colaborativo para a sobrevivência mútua. Posteriormente, o clássico trabalho de Callaway (1997) propôs que as interações positivas trariam impactos diretos no que diz respeito a manutenção das comunidades, visto que elas viabilizariam a sobrevivência de indivíduos que sem essas relações não teriam condições de existir em determinados contextos. Com isso, é possível determinar que as interações positivas possuem impactos benéficos na manutenção da biodiversidade. Dentre as interações positivas, podemos citar as relações mutualísticas, relação ecológica onde duas espécies se beneficiam.

Um dos mutualismos mais comuns e antigos da natureza são as micorrizas, uma associação entre raízes de plantas e fungos. Nessa associação, os fungos recebem hidratos de carbono da planta hospedeira e, em troca, capturam nutrientes do solo, como fósforo (P) e nitrogênio (N), e melhoram a absorção de água para a planta, tanto diretamente, pelo aumento da área de superfície para absorção de água fornecida pelas hifas, pelo maior acesso a pequenos poros do solo ou por um melhor fluxo de água apoplástica (MILLAR e BENNETT, 2016); quanto indiretamente, aumentando a condutividade hidráulica do solo (PÜSCHEL et al., 2020). Dentre as associações micorrízicas, a mais comum é feita pelos Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA), que fazem essa associação com cerca de 80% de todas as plantas terrestres (WU et al., 2010). Segundo Heijden et al. (1998), os FMA são um dos componentes que ajudam a determinar a biodiversidade das plantas, a variabilidade dos ecossistemas e a produtividade.

Em locais onde há um alto nível de estresse, aquelas espécies que fazem interações positivas como o mutualismo, podem se sobressair em relação às outras. Isso foi demonstrado

em vários casos com diferentes índices de estresse, como por exemplo em solos com altas quantidades de metais pesados (GAI et al., 2018), alta salinização (ABBASPOUR, 2010) e baixa disponibilidade de água (YOOYONGWECH et al., 2013). Entretanto, Jayne e Quigley (2014) ressaltaram que em locais com alta disponibilidade de água essa associação pode resultar em déficit de carbono para a planta, visto que se as condições já são ideais, os hospedeiros recebem pouco ou nenhum benefício.

Quando trata-se de estresse, uma hipótese que pode ser considerada é a hipótese do gradiente de estresse (BERTNESS e CALLAWAY, 1994) a qual propõe que a força de atuação das interações positivas aumenta com a ampliação do estresse abiótico, de forma que são mais fortes em ambientes mais severos do que em ambientes com menor intensidade de estresse. Porém, estudos mais recentes (ALBA et al., 2019) mostram que uma maior quantidade de associações é encontrada em condições intermediárias de estresse, diminuindo quando as condições são extremas.

Essa hipótese do gradiente de estresse tem sido amplamente estudada e corroborada para interações positivas do tipo facilitação planta-planta (CALLAWAY e WALKER, 1997; O'BRIEN et al., 2018), mas apesar de alguns trabalhos nessa área começarem a aparecer recentemente (DAVID et al., 2020), ainda não está completamente compreendido em quais condições estas interações são mais comuns. Além disso, não se sabe exatamente se e como as mudanças climáticas afetarão direta ou indiretamente as interações positivas nas comunidades. Segundo Brooker et al. (2008), é importante um maior número de estudos com diferentes condições ambientais e diferentes espécies, formas de crescimento ou estratégias e como elas diferem das tendências no nível da comunidade para que uma previsão mais concreta possa ser elaborada.

Sabendo disso, surge o seguinte questionamento: as interações bióticas positivas, como as micorrizas, aumentam em locais com maiores índices de estresse abiótico, como em locais com escassez de água, temperaturas elevadas e alto índice de aridez? Se sim, existiria um grau de importância de interações micorrízicas, que aumenta junto com a severidade abiótica? Quais mudanças podemos esperar na colonização micorrízica nesses diferentes ambientes?

Ancorado nessas questões, buscamos entender neste trabalho como a porcentagem de colonização micorrízica varia em ambientes com diferentes graus de estresse abiótico, e a partir disso, conjecturar o quanto as espécies vegetais dependem dessa associação simbiótica para sobreviver ao local em que estão inseridas. Para isso, determinamos a taxa de infecção micorrízica em plantas de três locais que abrangem diferentes severidades ambientais no semiárido brasileiro: Estação Ecológica de Aiuaba, que em sua maioria abrange a vegetação

savana-estépica (Caatinga), o ambiente mais seco entre os três; o Parque Nacional de Sete Cidades, caracterizado como um complexo mosaico de tipos estruturais dominados por formações de savana, conhecida como Cerrado, que possui condições climáticas intermediárias; e o Parque Nacional de Ubajara, que em sua maior parte caracteriza-se como floresta estacional sempre verde (Mata Úmida), que é o local com maior disponibilidade de recursos e climaticamente mais estável.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral:

Entender como as associações micorrízicas variam em três locais com diferentes índices de umidade no semiárido brasileiro.

2.2. Objetivos específicos:

- Registrar a ocorrência e a abundância de interações positivas estabelecidas entre os FMA e as espécies lenhosas em três vegetações com diferentes severidades abióticas no semiárido brasileiro;
- Inferir acerca da dependência de interações mutualísticas pelas espécies encontradas nesses locais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar o gradiente de severidade abiótica, as coletas de raízes foram feitas em três unidades de conservação (UC) federais no domínio semiárido do Nordeste brasileiro: a Estação Ecológica de Aiuaba (vegetação de Savana Estépica - Caatinga); o Parque Nacional de Sete Cidades (vegetação de Savana - Cerrado) e o Parque Nacional de Ubajara (vegetação de Floresta Tropical Sempreverde - Mata Úmida).

Em cada UC, foram alocados transectos com 1 km de raio dentro da área conservada de cada parque, como demonstrado na figura 1. Dentro de cada transecto, demarcamos uma parcela de 30m X 30m, divididos em 9 subparcelas de 10 m² cada, onde todas as plantas foram etiquetadas e identificadas. As coletas foram realizadas nos anos de 2018 e 2019 na estação chuvosa. Com a identificação pronta, tivemos a dimensão de todas as espécies de cada UC para que coletássemos as mais representativas.

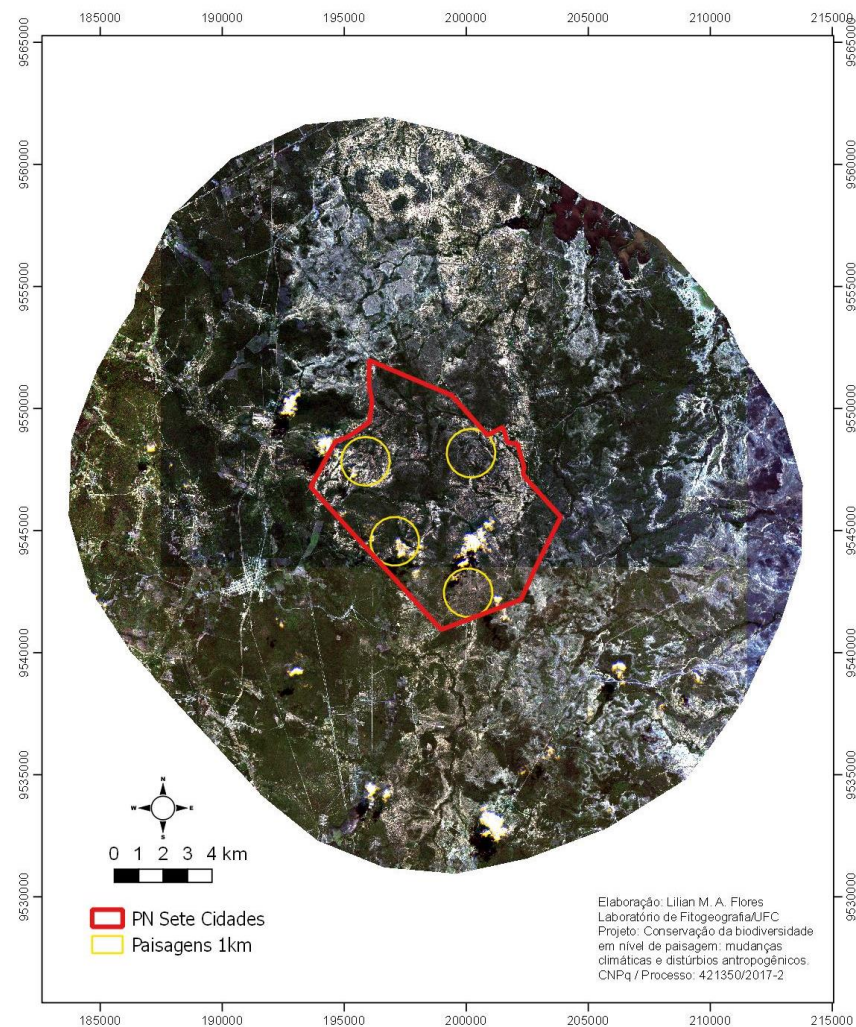


Figura 1: Modelo dos transectos propostos pelo projeto do ICMBio no Parque Nacional de Sete Cidades – PI

3.1. Caracterização dos locais de coleta

A Estação Ecológica de Aiuaba (S 6°36' e 6°44' - W 40°07' e 40°19'), foi fundada em 2001 e apresenta uma área total de 11.746,60 ha e está localizada no município de Aiuaba, no extremo Sul do estado do Ceará, distante 435 km da capital, Fortaleza (ICMBio, 2020). Ela possui uma temperatura média mensal de 26° C (LE MOS e MEGURO, 2010), com precipitação média anual de 463 mm concentrada entre os meses de março a maio (FUNCEME, 2020). Sua vegetação é caracterizada como Savana-Estépica – localmente conhecida como Caatinga, como a vegetação predominante (ARAÚJO et al., 2017). Seu índice de aridez é de 27.40 %, classificando-se como clima semiárido (FUNCEME, 2020).

O Parque Nacional de Sete Cidades (S 04°05' e 04°15' – W 41°30' e 41°45') possui uma área de 6.221,48 ha e perímetro de 36 Km e localiza-se nos municípios de Piracuruca, Brasileira e Piripiri, no nordeste do estado do Piauí (ICMBio, 2020). Fundado em 1961, possui vegetação caracterizada como um mosaico complexo de formações de savana – Cerrado (cerrado *strictu sensu* e cerrado rupestre), mas também é composto por campo aberto, cerradão, floresta ocasionalmente inundada e floresta semi-decídua sazonal (ARAÚJO et al., 2017). A temperatura média anual do município de Brasileira - local mais perto do parque - é de 26,5° C, com precipitação média anual de 1.296,1 mm (SANTOS, PACIÊNCIA e MENDES, 2017) com índice de aridez de 44,04 % e classificando-se como clima regional subúmido (ARAÚJO et al., 2017).

O Parque Nacional de Ubajara (S 03°48' e 03°58' – W 40°52' e 40°55') está situado ao norte do planalto da Ibiapaba, mais próxima ao litoral (ICMBio, 2020). Foi fundado no ano de 1959, com uma área total de 6.269,51 ha (ICMBio, 2020). Na parte superior da Serra da Ibiapaba, onde se encontra a Floresta Tropical Sempreverde - Mata Úmida, possui uma temperatura média anual entre 25° C e uma precipitação média anual de 1497mm (FUNCEME, 2020), caracterizando-se como o local mais úmido entre os três. Seu nível de aridez é de 75.47, classificando-se como sub-úmido úmido (FUNCEME, 2020).

3.2. Coleta de campo

Após a realização da fitossociologia nas UCs, selecionamos quais espécies eram as mais representativas e amostramos 5 indivíduos de cada uma dessas espécies. Coletamos essas raízes escavando da base dos troncos em direção ao sistema radicular lateral, até encontrarmos raízes finas (< 2 mm). Separamos manualmente as raízes finas e mensuramos os seus diâmetros usando um paquímetro digital. As amostras foram etiquetadas e fixadas em solução de FAA 50% e estocadas em temperatura ambiente (~ 30° C) até as análises em laboratório.

3.3. Análise das micorrizas em laboratório

Para analisar a infecção micorrízica, as raízes foram coradas e avaliadas com uma adaptação do método de Phillips e Hayman (1970), utilizando os seguintes passos: (1) autoclavagem das raízes em KOH 10% por 20 min e posterior lavagem com água; (2) imersão em H₂O₂ alcalino (0,5% de NH₄OH e 0,5% de H₂O₂ v/v em água) por 20 min, seguido de lavagem com água; (3) acidificação em ácido clorídrico (HCl 10%) para o tingimento do corante (KORMANIK e MCGRAW, 1982); (4) coloração com Trypan Blue em lactoglicerol por 12h na concentração de 0,05%.

Para a quantificação, utilizamos a técnica da placa quadriculada, que utiliza a contagem dos pontos de intersecção da raiz colonizada e as linhas de uma grade quadriculada (GIOVANETTI E MOSSE, 1980). Nesse método, as raízes são dispostas aleatoriamente em uma placa de Petri de 9 cm de diâmetro com linhas de grade para calcular a quantidade de colonização.

Para mensurar essa colonização, cada indivíduo foi disposto na placa com linhas de grade de 11/14 cm (~ ½ polegada), onde foi calculado uma proporção do comprimento da raiz micorrízica pelo comprimento total da raiz.

3.4. Análise da vegetação

Para a análise da vegetação, fizemos análises de densidade, riqueza de espécies, diversidade e índice de equabilidade de Pielou para as espécies lenhosas dos três locais de estudo para definir o comportamento vegetal em cada uma dessas áreas e, assim, fazer a comparação entre esses ambientes.

3.5. Análises estatísticas

As variáveis passaram pelo teste de Komogorof – Smirnov para a verificação da normalidade dos dados e pelo teste de homocedasticidade. Apenas a variável densidade de arbóreas não passou pelo teste de normalidade e foi transformado em $\ln(x)$. Após, foram realizadas análises de variância (ANOVA *oneway*) para cada variável considerando apenas o fator “local de estudo”, seguida de teste de Tukey com significância de 0,05.

4. RESULTADOS

Foram coletados segmentos de raízes finas de 44 espécies entre os três locais, sendo 16 em Aiuaba, 14 em Sete Cidades e 14 em Ubajara. Essa quantidade representa pelo menos 25% de todas as espécies catalogadas para cada uma dessas áreas.

4.1. Colonização micorrízica

No nosso trabalho encontramos que as espécies arbóreas estudadas na ESEC de Aiuaba possuem uma média de 66,61% de colonização micorrízica, enquanto no PARNA de Sete Cidades achamos 50,70% e no PARNA de Ubajara, 50,80%. Um gráfico comparativo dessas médias pode ser encontrado na figura 2.

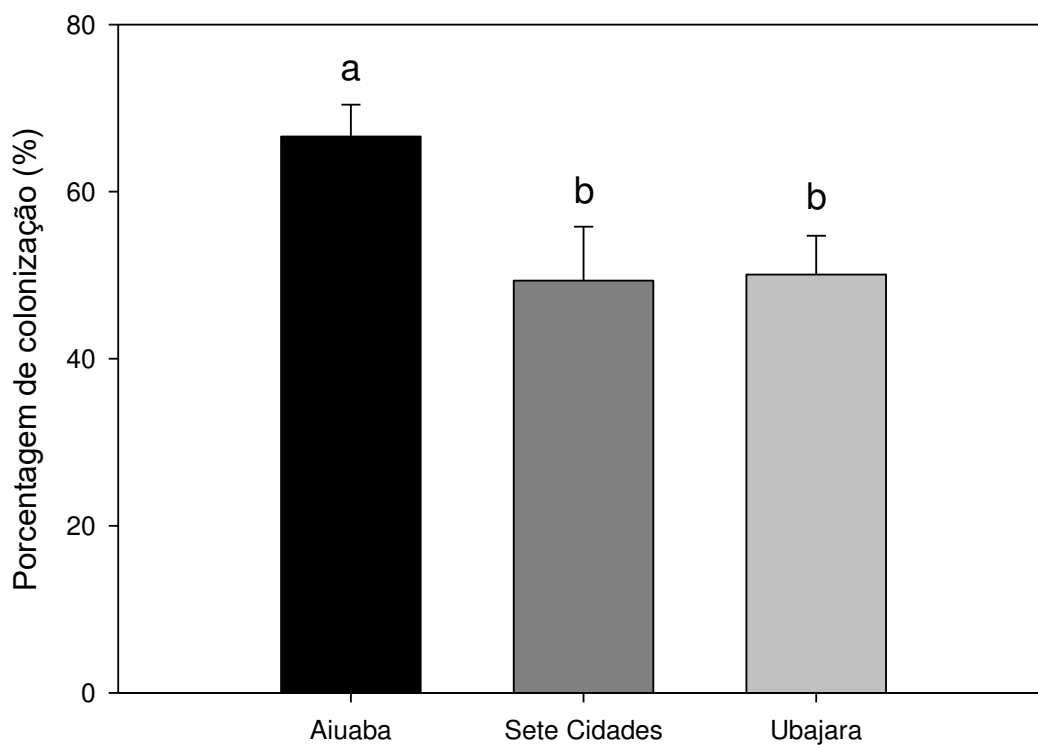


Figura 2: Porcentagem de colonização micorrízica (%) da vegetação arbórea em gradiente de estresse, mais restritivos e com flutuações climáticas maiores (Aiuaba), ambiente intermediário (Sete cidades) e ambiente com maior disponibilidade de recursos e clima mais estáveis (Ubajara). ANOVA *one way* seguida de teste de Tukey ($P < 0,05$)

Na ESEC de Aiuaba encontramos uma alta taxa de colonização micorrízica (tabela 1), dentre as 16 espécies coletadas, apenas *Poincianella bracteosa* e *Jatropha mollissima* tiveram

uma colonização micorrízica menor que 50%, enquanto as outras duas UCs, tiveram uma maior flutuação na quantidade de colonização.

Tabela 1: Porcentagem de colonização micorrízica (%) de espécies arbóreas na Savana Estépica (Caatinga), da ESEC de Aiuaba, Ceará, Brasil.

Espécie	Porcentagem de colonização
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	58,68
<i>Poincianella bracteosa</i> (Tul.) L.P. Queiroz	46,60
<i>Erythroxylum caatingae</i> Plowman	85,74
<i>Croton adenocalyx</i> Baill.	71,48
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	40,46
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	54,92
<i>Croton argyrophylloides</i> Müll. Arg.	73,02
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A. C. Sm.	82,10
<i>Senna trachypus</i> (Mart. ex Benth.) H.S. Irwin & Barneby	50,98
<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.	68,82
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	56,04
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	54,50
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	71,66
<i>Manihot carthagenensis</i> subsp. glaziovii (Müll.Arg.) Allem	92,08
<i>Aspidosperma multiflorum</i> A. DC.	76,66
<i>Cordia leucocephala</i> Moric.	82,04
Média	66,61

Em Sete Cidades, das 14 espécies estudadas, seis tiveram uma média de colonização menor que 50% (tabela 2): *Dimorphandra gardneriana* (12,28%), *Vatairea macrocarpa* (25,84%), *Combretum glaucocarpum* (19,24%), *Eugenia* sp. (23,42%), *Pouteria reticulata* (32,06%) e *Eugenia flavescens* (26,50%).

Tabela 2: Porcentagem de colonização micorrízica (%) de espécies arbóreas na Savana (Cerrado), do PARNA de Sete Cidades, Piauí, Brasil

Espécie	Porcentagem de colonização
<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.	65,54
<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.	12,28
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook. f.	65,32
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	25,84
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	82,80
<i>Himatanthus drasticus</i> (Mart.) Plumel	69,82
<i>Byrsonima correifolia</i> A.Juss.	58,94
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	19,24
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	70,14
<i>Diospyros sericea</i> A. DC.	84,04
<i>Eugenia</i> sp.	23,42
<i>Pouteria reticulata</i> (Engl.) Eyma	32,06
<i>Eugenia flavescens</i> DC.	26,50
<i>Psidium</i> sp.	73,74
Média	50,70

Já em Ubajara, as espécies abaixo da média foram *Myrcia multiflora* (28,12%), *Casearia commersoniana* (35,78%), *Coutarea hexandra* (23,06%) e *Cupania oblongifolia* (18,64%).

Tabela 3: Porcentagem de colonização micorrízica (%) de espécies arbóreas na floresta estacional sempre verde (Mata Úmida), do PARNA de Ubajara, Ceará, Brasil

Espécie	Porcentagem de colonização
<i>Byrsonima crispera</i> A.Juss.	54,24
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	65,44
<i>Campomanesia aromatica</i> (Aubl.) Griseb.	47,54
Desconhecida 1	49,20
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	28,12

<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	64,40
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	49,76
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	74,02
<i>Casearia commersoniana</i> Cambess.	35,78
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K. Schum.	23,06
Apocynaceae (não tem identificação)	63,82
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	73,54
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	18,64
<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	63,68
Média	50,80

4.2. Densidade

Para o cálculo da densidade, utilizamos o número total de indivíduos dentro das parcelas pela área total daquela parcela e replicamos isso em todas as parcelas. Em Aiuaba, foram montados 5 transectos de 900 m² e um total de 1382 indivíduos de 36 espécies. Já em Sete Cidades são 949 indivíduos de 56 espécies dentro de 4 transectos e, em Ubajara, são 3 parcelas com 609 indivíduos de 34 espécies.

Ubajara é a área com maior densidade média (0,34 ind/m²), seguido de Aiuaba (0,31 ind/m²) e Sete Cidades (0,27 ind/m²). Com o teste de Tukey, vemos que as diferenças nos valores médios entre os grupos são significativamente maiores do que seria esperado por acaso (P = 0,026) e que a diferença das médias entre os grupos de Ubajara e Sete Cidades também são significativas (P = 0,031). Os dados podem ser encontrados na figura 3.

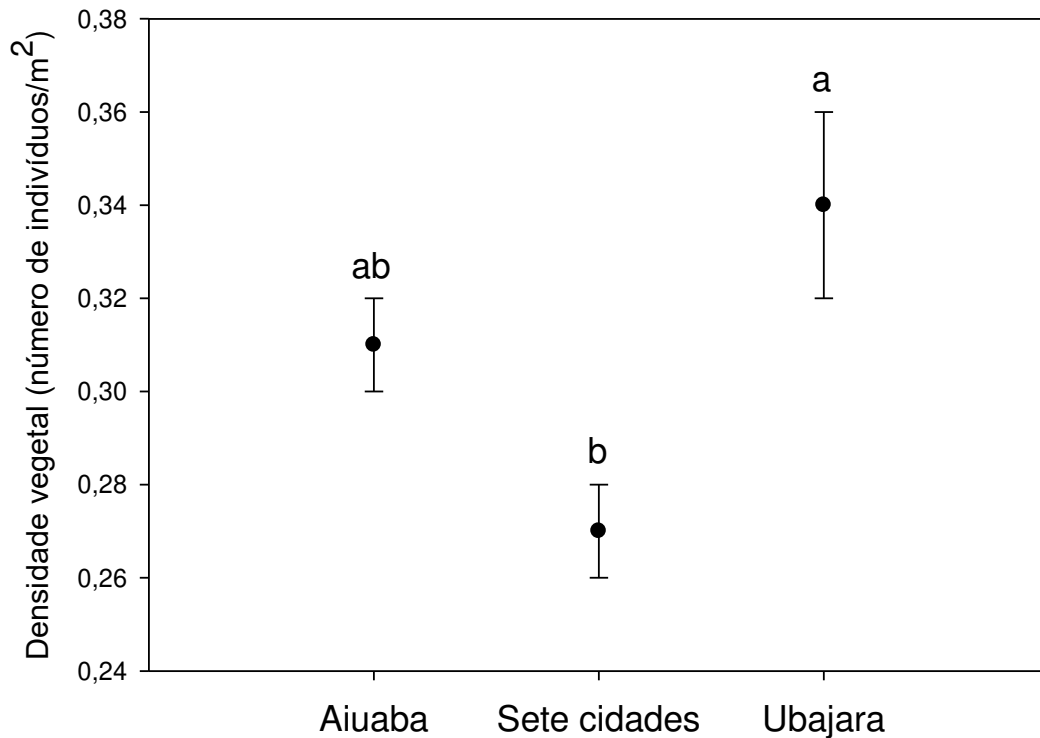


Figura 3: Densidade vegetal nos locais de coleta da vegetação arbórea em gradiente de estresse, mais restritivos e com flutuações climáticas maiores (Caatinga - Aiuaba), ambiente intermediário (Cerrado - Sete cidades) e ambiente com maior disponibilidade de recursos e clima mais estáveis (Mata Úmida - Ubajara). ANOVA *one way* seguida de teste de Tukey ($P < 0,05$)

4.3. Riqueza

Analisando a figura 4, podemos verificar a riqueza das espécies vegetais em cada uma das áreas. Sete Cidades é o local com maior riqueza de espécies, depois vemos Ubajara no intermédio e Aiuaba como o menos rico.

As diferenças das médias entre os grupos também são maiores que o esperado ao acaso ($P = 0,025$) e a comparação entre o local com maior índice (Sete Cidades) também é significativamente diferente ($P = 0,021$) do que com o menor índice (Aiuaba).

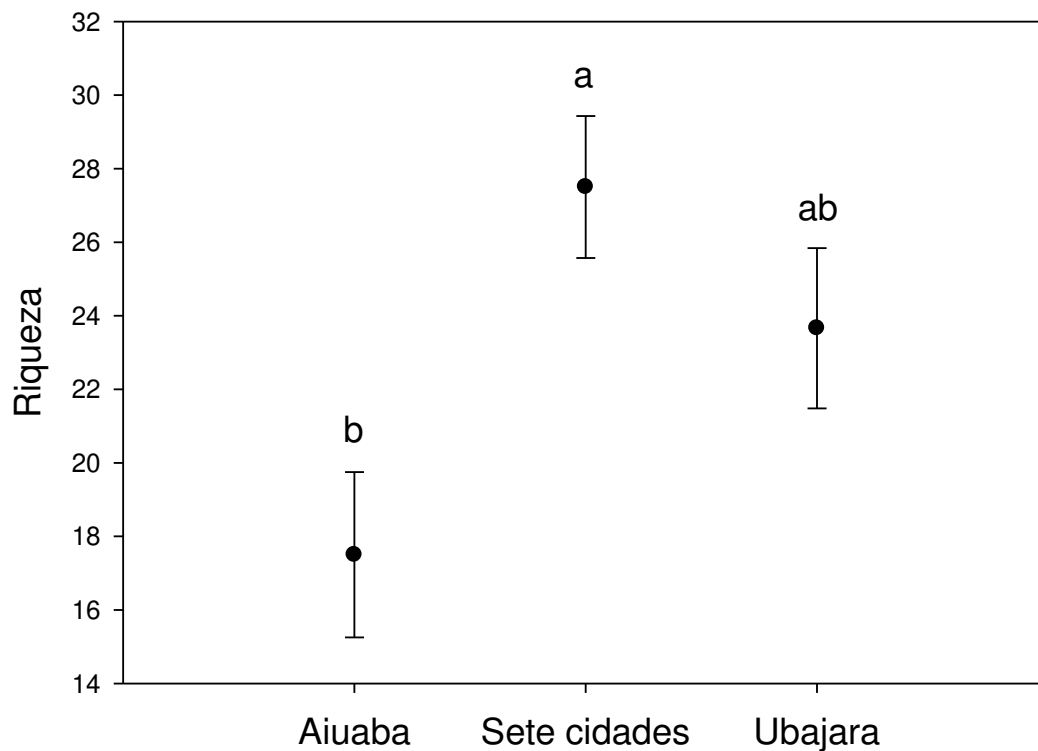


Figura 4: Riqueza vegetal nos locais de coleta da vegetação arbórea em gradiente de estresse, mais restritivos e com flutuações climáticas maiores (Caatinga - Aiuaba), ambiente intermediário (Cerrado - Sete cidades) e ambiente com maior disponibilidade de recursos e clima mais estáveis (Mata Úmida - Ubajara). ANOVA *one way* seguida de teste de Tukey ($P < 0,05$)

4.4. Diversidade

Na figura 5 é mostrado a diversidade vegetal das áreas de coleta. Podemos observar que Sete Cidades é o local com maior diversidade dentre os três, seguido de Ubajara e, por último, Aiuaba.

Aqui, a diferença entre os grupos também é significativa ($P = 0,009$), assim como a comparação das médias entre Sete Cidades e Aiuaba ($P = 0,007$).

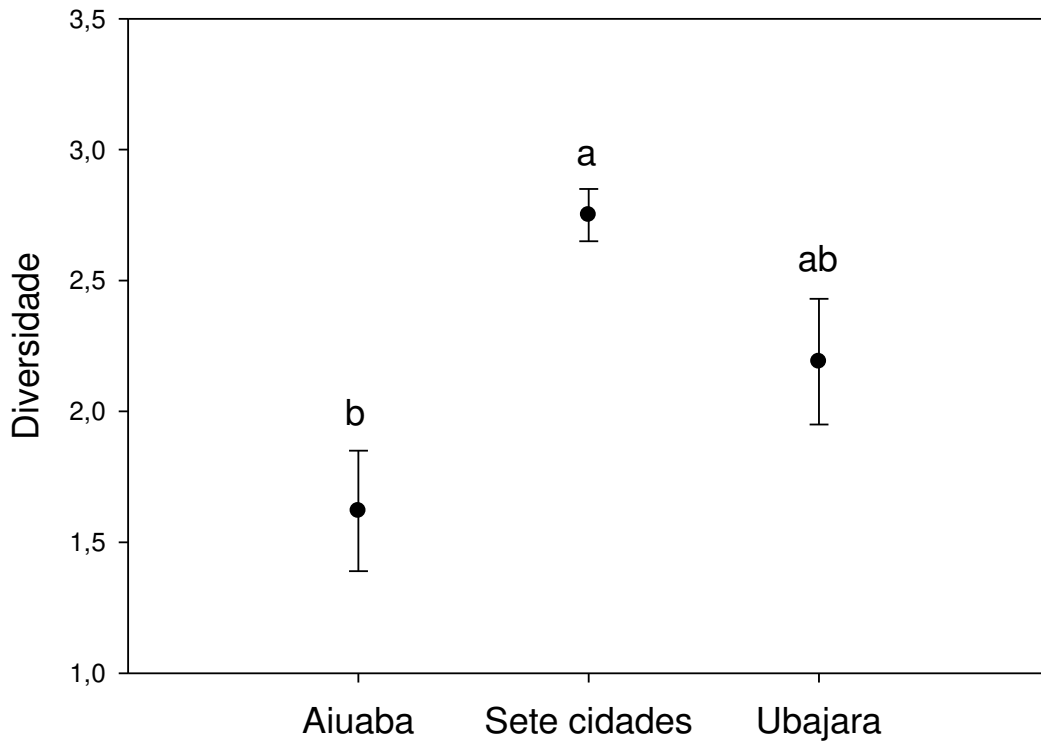


Figura 5: Diversidade vegetal nos locais de coleta da vegetação arbórea em gradiente de estresse, mais restritivos e com flutuações climáticas maiores (Caatinga - Aiuaba), ambiente intermediário (Cerrado - Sete cidades) e ambiente com maior disponibilidade de recursos e clima mais estáveis (Mata Úmida - Ubajara). ANOVA *one way* seguida de teste de Tukey ($P < 0,05$)

4.5. Índice de equabilidade de Pielou

Podemos analisar na figura 6 o índice de Pielou, que mostra a equabilidade entre os grupos. Em Aiuaba, os grupos são menos iguais entre si, Ubajara possui uma equabilidade intermediária e Sete Cidades é a que possui o maior índice de Pielou.

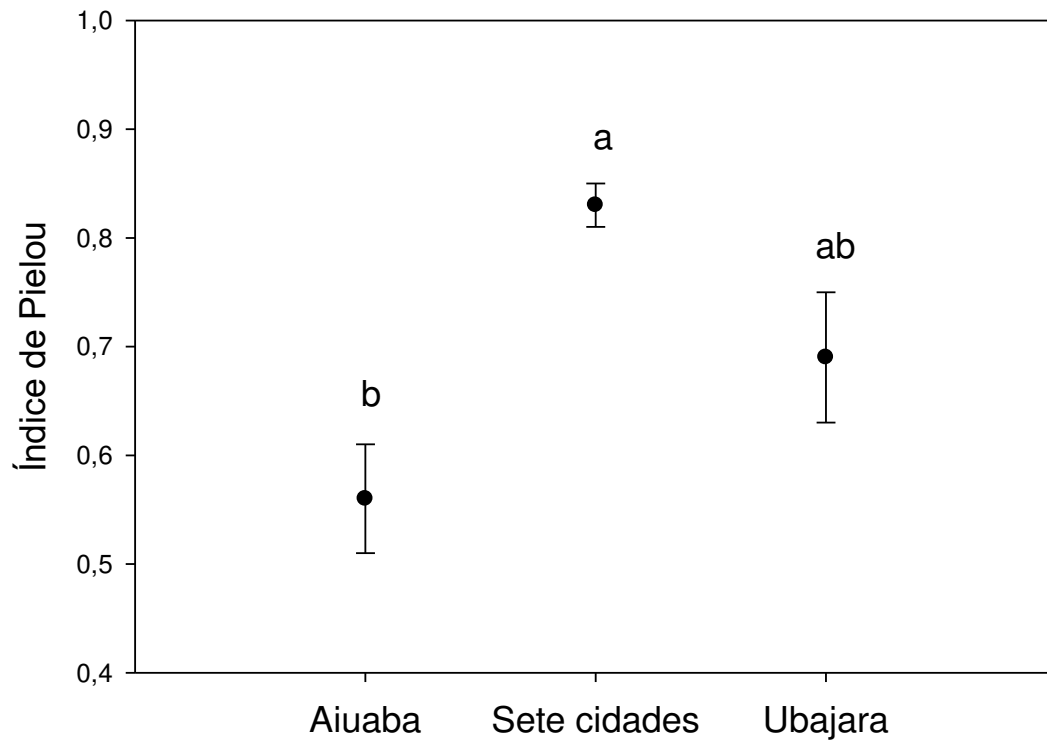


Figura 6: Índice de Pielou nos locais de coleta da vegetação arbórea em gradiente de estresse, mais restritivos e com flutuações climáticas maiores (Caatinga - Aiuaba), ambiente intermediário (Cerrado - Sete cidades) e ambiente com maior disponibilidade de recursos e clima mais estáveis (Mata Úmida - Ubajara). ANOVA *one way* seguida de teste de Tukey ($P < 0,05$)

Fazendo o teste de Tukey, também verificamos que as diferenças nos valores médios entre os grupos são significativamente maiores do que seria esperado por acaso ($P = 0,009$) e que a diferença das médias entre os grupos de Aiuaba e Sete Cidades também são significativas ($P = 0,007$).

5. DISCUSSÃO

Em nossos achados, vemos que a Savana Estépica (Caatinga) da Estação Ecológica de Aiuaba, o ambiente com menor precipitação e maior índice de aridez, é o que mais possui colonização micorrízica dentre os três. Esse era o esperado pela nossa hipótese e está de acordo com o trabalho de vários outros autores (SOHRABI et al., 2012; YOOYONGWECH et al., 2013; JAYNE e QUIGLEY, 2014; MILLAR e BENNETT, 2016; HAILEMARIAM et al., 2017), que afirmam que em locais com baixa disponibilidade de água, a dependência da associação micorrízica é maior para que as espécies consigam suportar melhor o ambiente, já que a absorção de água é melhorada pela presença das hifas fúngicas que ajudam na captação deste recurso.

Dessa forma, em locais onde há um maior índice de estresse, é mais comum encontrarmos maiores taxas de colonização micorrízica (ABBASPOUR, 2010; YOOYONGWECH et al., 2013; GAI et al., 2018). Além disso, Helgason e Fitter (2009) também defendem a ideia de que o ambiente é determinante na colonização micorrízica, pois as espécies fúngicas que estão no solo estão sujeitas às pressões de seleção espacial e temporalmente dinâmicas desse ambiente, como os fatores físicos, químicos e bióticos, então a variação entre as espécies de FMA estão associadas à adaptação desses fungos a este ambiente complexo, e não à identidade do hospedeiro da planta.

No Parque Nacional de Sete Cidades e de Ubajara, a colonização micorrízica foi mediana para ambos os locais, isso pode estar relacionado ao fato desses dois locais serem climaticamente mais estáveis e possuírem uma elevada pluviosidade em relação à Estação Ecológica de Aiuaba, logo, é esperado que a associação não seja tão presente (JAYNE e QUIGLEY, 2014), já que esse recurso pode ser captado mais facilmente e a associação resultaria apenas em um déficit de carbono para a planta hospedeira.

Porém, em ambos os locais, há muitas espécies que apresentaram uma alta taxa de colonização micorrízica, com mais de 65% de colonização como: *Terminalia fagifolia*, *Agonandra brasiliensis*, *Handroanthus serratifolius*, *Himatanthus drasticus*, *Aspidosperma subincanum*, *Diospyros sericea*, *Psidium* sp., *Byrsonima sericea*, *Protium heptaphyllum* e *Tapirira guianensis*. Esse fato pode indicar que essas espécies possuem uma dependência maior dessa relação para se manter no ambiente.

Em contrapartida, há outras espécies de plantas em que encontramos um baixo nível de colonização, com menos de 25% de colonização, é o caso das espécies: *Dimorphandra gardneriana*, *Vatairea macrocarpa*, *Combretum glaucocarpum*, *Eugenia* sp. e *Eugenia*

flavescens em Sete Cidades; e *Cupania oblongifolia* e *Coutarea hexandra* em Ubajara. Nesses casos, essas espécies podem ser classificadas como plantas com colonização micorrízica facultativa (JANOS, 1980; BRUNDRETT e KENDRICK, 1988), que são espécies vegetais que apresentam 25% ou menos de colonização micorrízica, mostrando que essas espécies não possuem tanta dependência da colonização micorrízica. Esse fator faz com que a média geral desses locais diminua, se mantendo em níveis medianos de colonização.

Ao considerarmos a vegetação, constatamos que o PARNA de Sete Cidades e de Ubajara demonstram as maiores taxas de diversidade, riqueza e equabilidade quando comparados com à ESEC de Aiuaba. Em Sete Cidades esses índices podem estar relacionados às características do tipo de vegetação onde ela se encontra, o Cerrado (MMA, 2020), mas também pode estar relacionada com a associação micorrízica. Segundo Hazard et al. (2013), a estrutura da comunidade de plantas pode influenciar as comunidades de FMA a nível de paisagem, visto que a preferência planta-hospedeiro é regulada na natureza em termos de controle de cima para baixo (planta hospedeira) ou de baixo para cima (simbionte fúngico). Nesse sentido, as diferenças de vegetação entre os locais devem ter um efeito na comunidade dos FMA. Segundo os autores, a melhor forma de fazer esse estudo *in situ*, é utilizar o método de atração-planta para verificar as diferenças entre as diferentes vegetações nos diferentes locais. Esse tema também pode ser melhor explorado em trabalhos complementares.

6. CONCLUSÃO

Vimos em nossos dados que entre os três locais com diferentes índices de precipitação, temperatura e aridez, aquele que possui as condições mais estressantes para esses fatores é o que apresentou uma maior taxa de colonização por micorrizas. Isso pode indicar que as plantas de um ambiente com essas condições são mais dependentes desse tipo de associação. Porém, para afirmar que esse é mesmo o fator que mais contribui para regular a taxa de colonização, outros dados precisam ser acrescentados em trabalhos futuros, dentre eles podemos citar os dados físico-químicos do solo, a luminosidade, a contabilidade dos esporos, os estágios sucessionais e a riqueza das espécies fúngicas.

REFERÊNCIAS

- ABBASPOUR, H. Investigation of the effects of Vesicular Arbuscular Mycorrhiza on mineral nutrition and growth of *Carthamus tinctorius* under salt stress conditions. **Russ J Plant Physiol**, v. 57, n. 4, p. 526–531, July 2010. DOI: 10.1134/S1021443710040102. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1021443710040102>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- ALBA, C.; FAHEY, C.; FLORY, S. L. Global change stressors alter resources and shift plant interactions from facilitation to competition over time. **Ecology**, v. 100, n. 12, July 2019. <https://doi.org/10.1002/ecy.2859>. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ecy.2859>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- BAINARD, L. D.; KLIRONOMOS, J. N.; GORDON, A. M. The mycorrhizal status and colonization of 26 tree species growing in urban and rural environments. **Mycorrhiza**, v. 21, p. 91–96, Apr. 2011. DOI: 10.1007/s00572-010-0314-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00572-010-0314-6>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- BERTNESS, M.; CALLAWAY, R.M. Positive interactions in communities. **Trends Ecol Evol**, v. 9, p. 191–193, May 1994. DOI: [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(94\)90088-4](https://doi.org/10.1016/0169-5347(94)90088-4). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0169534794900884?via%3Dihub>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- BETEKHTINA, A. A.; VESELKIN, D. V. Prevalence and Intensity of Mycorrhiza Formation in Herbaceous Plants with Different Types of Ecological Strategies in the Middle Urals. **Russ J Ecol**, v. 42, n. 3, p. 192–198, May 2011. DOI: 10.1134/S1067413611030040. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1067413611030040>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- BIRHANE, E. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi enhance photosynthesis, water use efficiency, and growth of frankincense seedlings under pulsed water availability conditions. **Oecologia**, v. 169, n. 4, p. 895–904, Jan. 2012. DOI: 10.1007/s00442-012-2258-3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-012-2258-3>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- BITTERLICH, M.; FRANKEN, P.; GRAEFE, J. Arbuscular Mycorrhiza Improves Substrate Hydraulic Conductivity in the Plant Available Moisture Range Under Root Growth Exclusion. **Front Plant Sci**, v. 9, p. 1–11, Mar. 2018. DOI: 10.3389/fpls.2018.00301. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2018.00301/full>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- BONFANTE, P.; GENRE, A. Mechanisms underlying beneficial plant–fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. **Nat Commun**, v. 1, p. 1–11, July 2010. DOI: 10.1038/ncomms1046. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/ncomms1046>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- BOTHE, H. Arbuscular mycorrhiza and salt tolerance of plants. **Symbiosis**, v. 58, p. 7–16, Dec. 2012. DOI: 10.1007/s13199-012-0196-9. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257799085_Arbuscular_mycorrhiza_and_salt_tolerance_of_plants. Acesso em: 18 mar. 2024.

BROOKER, R. W. *et al.* Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. **J Ecol**, v. 96, p. 18-34, jan. 2018. DOI:10.1111/j.1365-2745.2007.01295.x. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2745.2007.01295.x>. Acesso em: 18 mar. 2024.

BRUNDRETT, M. C.; KENDRICK, B. The mycorrhizal status root anatomy and phenology of plants in a sugar maple forest. **Can J Bot**, v. 66, p. 1153-1173, june 1988. <https://doi.org/10.1139/b88-166>. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/b88-166>. Acesso em: 18 mar. 2024.

CALLAWAY, R. M. Positive interactions in plant communities and the individualistic-continuum concept. **Oecologia**, v. 112, p. 143-149, oct. 1997. DOI: 10.1007/s004420050293. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s004420050293>. Acesso em: 18 mar. 2024.

CALLAWAY, R. M.; WALKER, L. R. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecology**, v. 78, n. 7, p. 1958-1965, oct. 1997. <https://doi.org/10.1890/0012-9658>. Disponível em: [https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/0012-9658\(1997\)078%5B1958:CAFASA%5D2.0.CO%3B2](https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/0012-9658(1997)078%5B1958:CAFASA%5D2.0.CO%3B2). Acesso em: 18 mar. 2024.

CLAASSENS, A. *et al.* Colonisation dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes in the sugarcane crop cycle. **Rhizosphere**, v. 7, p. 18-26, sep. 2018. DOI: 10.1016/j.rhisph.2018.06.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452219818300211>. Acesso em: 18 mar. 2024.

CLEMENTS, F. E. **Plant succession: Analysis of the Development of Vegetation**. Washington: Carnegie Inst Wash Publ, n. 242, 1916. *E-book*. 242 p. <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.56234>. Disponível em: <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/56234>. Acesso em: 18 mar. 2024.

CONNELL, J. H.; SLAYTER, R. O. **Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization**. Chicago: Am Nat. v. 111, n. 982, Nov.-Dec. 1977. *E-book*. p. 1119-1144. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2460259>. Acesso em: 18 mar. 2024.

DAS, A., VARMA, A. Symbiosis: the art of living. In: VARMA, A.; KHARKWAL, A. C. (eds.). **Symbiotic fungi: principles and practice**. India: Amity Institute of Microbial Technology, 2009. *E-book*. p. 1-28. DOI:10.1007/978-3-540-95894-9_1. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/226089925_Symbiosis_The_Art_of_Living. Acesso em: 18 mar. 2024.

DAVID, A. S. *et al.* Do plant–microbe interactions support the Stress Gradient Hypothesis? **Ecology**, v. 101, n. 8, aug. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecy.3081>. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ecy.3081>. Acesso em: 18 mar. 2024.

DE ASSIS, D. M. A. *et al.* Assemblages of arbuscular mycorrhizal fungi in tropical humid and dry forests in the Northeast of Brazil. **Botany**, v. 96, n. 12, p. 859-871, sep. 2018. DOI:

<https://doi.org/10.1139/cjb-2018-0068>. Disponível em:
<https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/cjb-2018-0068>. Acesso em: 18 mar. 2024.

ELIAS, S. R. M. *et al.* Leaf anatomy in young plants of *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil.(Solanaceae). **Rev Bras Bot**, v. 26, n. 2, p. 169 – 174, june 2003. DOI: 10.1590/S0100-84042003000200004. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbb/a/5CqwWWtWTgwRxH7JC4TgR3k/>. Acesso em: 18 mar. 2024.

FERNÁNDEZ, D. A. *et al.* Effects of water stress, organic amendment and mycorrhizal inoculation on soil microbial community structure and activity during the establishment of two heavy metal-tolerant native plant species. **Microb Ecol**, v. 63, n. 4, p. 794–803, may 2012. DOI: 10.1007/s00248-011-9972-y. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00248-011-9972-y>. Acesso em: 18 mar. 2024.

GAI, J. P. *et al.* Direct effects of soil cadmium on the growth and activity of arbuscular mycorrhizal fungi. **Rhizosphere**, v. 7, p. 43-48, sep. 2018. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2018.07.002>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452219818300636?via%3Dihub>. Acesso em: 18 mar. 2024.

GARCÍA, L. B. M.; PUGNAIRE, F. I. Arbuscular mycorrhizal fungi host preference and site effects in two plant species in a semiarid environment. **Appl Soil Ecol**, v. 48, n. 3, p. 313-317, july 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.04.003>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139311000618?via%3Dihub>. Acesso em: 18 mar. 2024.

GOICOECHEA, N.; MERINO, S.; SÁNCHEZ-DÍAZ, M. Contributions of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) to the adaptations exhibited by the deciduous shrub *Anthyllis cytisoides* under water deficit. **Physiol Plant**, v. 122, p. 453–464, dec. 2004. DOI: 10.1111/j.1399-3054.2004.00421.x. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/227693709_Contribution_of_arbuscular_mycorrhizal_fungi_AMF_to_the_adaptations_exhibited_by_the_deciduous_shrub_Anthyllis_cytisoides_L_under_water_deficit. Acesso em: 18 mar. 2024.

HAILEMARIAM, M. *et al.* Arbuscular mycorrhiza effects on *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. growth under varying soil water and phosphorus levels in Northern Ethiopia. **Agrofor Syst**, v. 92, p. 485–498, oct. 2017. DOI: 10.1007/s10457-017-0146-x. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-017-0146-x>. Acesso em: 18 mar. 2024.

HAZARD, C. *et al.* The role of local environment and geographical distance in determining community composition of arbuscular mycorrhizal fungi at the landscape scale. **ISME J**, v. 7, p. 498–508, mar. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1038/ismej.2012.127>. Disponível em:
<https://academic.oup.com/ismej/article-abstract/7/3/498/7590089?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 18 mar. 2024.

HELGASON, T.; FITTER, A. H. Natural selection and the evolutionary ecology of the arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota). **J Exp Bot**, v. 60, n. 9, p. 2465–2480, july 2009. DOI: 10.1093/jxb/erp144. Disponível em:
<https://academic.oup.com/jxb/article/60/9/2465/513679>. Acesso em: 18 mar. 2024.

HODGE, A.; STORER, K. Arbuscular mycorrhiza and nitrogen: implications for individual plants through to ecosystems. **Plant Soil**, v. 386, p. 1-19, June 2015. DOI 10.1007/s11104-014-2162-1. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-014-2162-1>. Acesso em: 18 mar. 2024.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2020. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/parna-de-ubajara?highlight=WyJlYmFqYXJhIiwidWJhamFyYScsII0>. Acesso em: 18 mar. 2024.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2020. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/caatinga/unidades-de-conservacao-caatinga/2116-esec-de-aiuaba>. Acesso em: 18 mar. 2024.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2020. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/visitacao1/unidades-abertas-a-visitacao/208-parque-nacional-das-sete-cidades>. Acesso em: 18 mar. 2024.

JANOS, D. P. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae affect lowland tropical rain forest plant growth. **Ecology**, v. 61, p. 151-162, Feb. 1980. DOI: <https://doi.org/10.2307/1937165>. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1937165>. Acesso em: 18 mar. 2024.

JAYNE, B.; QUIGLEY, M. Influence of arbuscular mycorrhiza on growth and reproductive response of plants under water deficit: a meta-analysis. **Mycorrhiza**, v. 24, p. 109–119, Feb. 2014. DOI: 10.1007/s00572-013-0515-x. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00572-013-0515-x>. Acesso em: 18 mar. 2024.

KORMANIK, P. P.; MCGRAW, A. C. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots. In: SCHENCK, N. C. (ed.) **Methods and Principles of Mycorrhizal Research**. USA: The American Phytopathological Society, 1982. p. 37–45.

LATEF, A. A. H. A. *et al.* Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis and Abiotic Stress in Plants: A Review. **J Plant Bio**, v. 59, p. 407-426, Oct. 2016. DOI: 10.1007/s12374-016-0237-7. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12374-016-0237-7>. Acesso em: 18 mar. 2024.

LEMOS, J. R.; MEGURO, M. Florística e fitogeografia da vegetação decidual da Estação Ecológica de Aiuaba, Ceará, Nordeste do Brasil. **Rev Bras Biocienc**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 34-43, Mar. 2010. ISSN: 1980-4849. Disponível em: <https://portal.issn.org/resource/ISSN/1980-4849>. Acesso em: 18 mar. 2024.

LIMA, B. G. **Caatinga**: espécies lenhosas e herbáceas. Rio Grande do Norte, EdUfersa, 2011. 316 p.

MILLAR, N. S.; BENNETT, A. E. Stressed out symbiotes: hypotheses for the influence of abiotic stress on arbuscular mycorrhizal fungi. **Oecologia**, v. 182, n. 3, p. 625–641, June 2016. DOI: 10.1007/s00442-016-3673-7. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-016-3673-7>. Acesso em: 18 mar. 2024.

O'BRIEN, A. M. *et al.* Evolutionary Responses to Conditionality in Species Interactions across Environmental Gradients. **Am Nat**, v. 192, n. 6, p. 715–730, dec. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1086/700118>. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/700118>. Acesso em: 18 mar. 2024.

ODUM, E. P. The Strategy of Ecosystem Development. **Science**, v. 164, n. 3877, p. 262–270, apr. 1969. DOI: 10.1126/science.164.3877.262. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.164.3877.262>. Acesso em: 18 mar. 2024.

OEHL, F. *et al.* Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. **IMA Fungus**, v. 2, n. 2, p. 191–199, dec. 2011. DOI: 10.5598/imafungus.2011.02.02.10. Disponível em: <https://imafungus.biomedcentral.com/articles/10.5598/imafungus.2011.02.02.10>. Acesso em: 18 mar. 2024.

PAGANO, M. C.; ARAÚJO, F. S. Semiarid vegetation in brazil: biodiversity, impacts and management. In: DEGENOVINE, K. M. **Semi-Arid Environments: Agriculture, Water Supply**. New York: NOVA Science Publishers, 2010. p. 1–17. ISBN: 978-1-61761-215-2.

PAGANO, M. C. *et al.* Native species for restoration and conservation of biodiversity in south américa. In: MARÍN, L.; KOVAÈ, D. **Native Species: Identification, conservation and restoration**. New York: NOVA Science Publishers, 2012. p. 1-55. ISBN: 978-1-61470-613-7.

PAGANO, M. C.; ZANDAVALLI, R. B.; ARAÚJO, F. S. Biodiversity of arbuscular mycorrhizas in three vegetational types from the semiarid of Ceará State, Brazil. **Appl Soil Ecol**, v. 67, p. 37-46, may 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.02.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139313000619?via%3Dihub>. Acesso em: 18 mar. 2024.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Mycol Res**, v. 55, n. 1, p. 158-161, aug. 1970. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0007153670801103>. Acesso em: 18 mar. 2024.

PIELOU, E. C. **Ecological diversity**. [S. l.]: Wiley-Interscience, 1975. 165 p.

PÜSCHEL, D. *et al.* Facilitation of plant water uptake by an arbuscular mycorrhizal fungus: a Gordian knot of roots and hyphae. **Mycorrhiza**, v. 30, n. 2-3, p. 299–313, apr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00572-020-00949-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00572-020-00949-9>. Acesso em: 18 mar. 2024.

R Development Team 2011. R: A language and environment for statistical computing. - Foundation for Statistical Computing.

RUIZ-LOZANO, J. M.; AROCA, R. Host response to osmotic stresses: stomatal behaviour and water use efficiency of arbuscular mycorrhizal plants. In: KOLTAI, H.; KAPULNIK, Y. (eds). **Arbuscular mycorrhizas: physiology and function**. Dordrecht: Springer, 2010. p. 239–256. DOI:10.1007/978-90-481-9489-6_11. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-90-481-9489-6_11. Acesso em: 18 mar. 2024.

SANTOS, F. A.; PACIÊNCIA, L. G. M.; MENDES, J. M. Análise estatística das precipitações do Parque Nacional de Sete Cidades, nordeste do estado do Piauí. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**, V. 7, n. 2, p. 1 – 16, july-dec. 2017. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/4937>. Acesso em: 18 mar. 2024.

SILVA, I. R. *et al.* Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi along an environmental gradient in the Brazilian semiarid. **Appl Soil Ecol**, v. 84, p. 166–175, dec. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.07.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139314002030?via%3Dihub>. Acesso em: 18 mar. 2024.

SOHRABIA, Y. *et al.* Some Physiological Responses of Chickpea Cultivars to Arbuscular Mycorrhiza under Drought Stress. **Russ J Plant Physiol**, v. 59, n. 6, p. 708–716, out. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1021443712060143>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1021443712060143>. Acesso em: 18 mar. 2024.

STEVENS, B. M. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi in roots and soil respond differently to biotic and abiotic factors in the Serengeti. **Mycorrhiza**, v. 30, n. 1, p. 79–95, jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00572-020-00931-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00572-020-00931-5>. Acesso em: 18 mar. 2024.

TROUVELOT, A.; KOUGH, J. L.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: GIANINAZZI-PEARSON V.; GIANINAZZI, S., (Eds), **Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae**, INRA, Paris, p. 217-221. Disponível em: <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=8758731>. Acesso em: 18 mar. 2024.

VAN DER HEIJDEN, M. G.; HORTON, T. R. Socialism in soil? The importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems. **J Ecology**, v. 97, n. 6, p. 1139–1150, nov. 2009. DOI:10.1111/j.1365-2745.2009.01570.x. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2745.2009.01570.x>. Acesso em: 18 mar. 2024.

WELEMARIAM, M. *et al.* Effect of community-based soil and water conservation practices on arbuscular mycorrhizal fungi types, spore densities, root colonization, and soil nutrients in the northern highlands of Ethiopia. **Chem Biol Technol Agric**, v. 5, n. 1, apr. 2018. DOI: 10.1186/s40538-018-0121-4. Disponível em: <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-018-0121-4>. Acesso em: 18 mar. 2024.

WERNER, G. D. A. *et al.* Symbiont switching and alternative resource acquisition strategies drive mutualism breakdown. **Proc Natl Acad Sci USA**, v. 115, n. 20, p. 5229–5234, apr. 2018. DOI: 10.1073/pnas.1721629115. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1721629115>. Acesso em: 18 mar. 2024.

WU, Y. *et al.* Arbuscular mycorrhiza fungi as an ecology indicator for evaluating desert soil conditions. **Front Agric China**, v. 4, n. 1, p. 24–30, 9 feb. 2010. DOI: 10.1007/s11703-010-

0096-9. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11703-010-0096-9>. Acesso em: 18 mar. 2024.

XIANG, D. *et al.* Relative Importance of Individual Climatic Drivers Shaping Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities. **Microb Ecol**, v. 72, n. 2, p. 418–427, apr. 2016. DOI: 10.1007/s00248-016-0773-1. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00248-016-0773-1>. Acesso em: 18 mar. 2024.

YOOYONGWECH, S. *et al.* Arbuscular mycorrhiza improved growth performance in *Macadamia tetraphylla* L. grown under water deficit stress involves soluble sugar and proline accumulation. **Plant Growth Regul**, v. 69, n. 3, p. 285–293, nov. 2012. DOI: 10.1007/s10725-012-9771-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10725-012-9771-6>. Acesso em: 18 mar. 2024.