



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS-CCA
ESPECIALIZAÇÃO EM RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

KAMILLA LOPES DE MELO

**INTERAÇÕES DE FUNGOS MICORRIZICOS E PERSPECTIVAS DE
UTILIZAÇÃO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

Imperatriz- MA
2022

KAMILLA LOPES DE MELO

**INTERAÇÕES DE FUNGOS MICORRIZICOS E PERSPECTIVAS DE
UTILIZAÇÃO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual da Região Tocantina do
Maranhão como requisito básico para a obtenção do
título de especialista no curso lato sensu em
Especialização em Recuperação de Áreas
Degradadas.

Orientadora: Profa. Dra. Thatyane Pereira de Sousa

Imperatriz- MA
2022

M528i

Melo, Kamilla Lopes de

Interações de fungos micorrizicos e perspectivas de utilização na recuperação de áreas degradadas. / Kamilla Lopes de Melo. – Imperatriz, MA, 2022.

20 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Recuperação de Áreas Degradadas) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2022.

1. Fungos Micorrizas. 2. Solos. 3. Absorção de nutrientes. 4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 582.28

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza CRB13/955**

KAMILLA LOPES DE MELO

**INTERAÇÕES DE FUNGOS MICORRIZICOS E PERSPECTIVAS DE
UTILIZAÇÃO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Universidade Estadual da Região Tocantina
do Maranhão como requisito básico para a
conclusão do Curso de Engenharia
Agrônômica.

Data de aprovação: 20 /12/2022

Banca Examinadora



Prof. Dra. Thatyane Pereira de Sousa

Instituição: UEMASUL



Prof. Dra. Ivaneide de Oliveira Nascimento

Instituição: UEMASUL



Prof. Me. Potiara Oliveira Diniz

Instituição: UEMASUL

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e a todos que contribuíram direta e indiretamente para a finalização deste trabalho, principalmente a minha orientadora que aceitou este desafio, pois não é fácil orientar de forma remota.

A Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, pela pelo desenvolvimento desse programa de qualificação. Gratidão!

INTERAÇÕES DE FUNGOS MICORRIZICOS E PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

RESUMO:

Desde as primeiras civilizações o ser humano sempre demonstrou a tendência de modificar seu habitat, trazendo mudanças para as áreas onde habitam afim de adaptá-las para sua sobrevivência. O crescimento populacional seguido do desenvolvimento civilizatório ao longo dos períodos históricos, resultou em uma série de transformações no solo, que, com o passar dos anos e o avanço tecnológico, foi se tornando cada vez mais grave. Essas transformações acarretam em um efeito dominó, onde o homem modifica toda uma área e compromete seu solo em prol do crescimento da civilização, e em contrapartida o mesmo solo agora empobrecido de nutrientes, matéria orgânica e muitas vezes tóxicos é insuficiente para atender a demanda de produção de alimento já que não possui as características necessárias para tal. Desta forma são necessários intervenções antrópicas para auxiliar no processo de recuperação desses ambientes. Nesse aspecto, o presente artigo trata-se de uma revisão bibliográfica, sobre a utilização de Fungos Micorrizas arbusculares como uma ferramenta nos programas de recuperação, afim de conferir as plantas a capacidade de se desenvolver em ambientes de estresse auxiliando no equilíbrio do ecossistema através de suas atividades de ciclagem e liberação de nutrientes, influência na estocagem de carbono, entres outros aspectos. Onde foi possível constatar que o uso destes fungos, traz uma série de benefícios na relação fungo-planta-solo.

Palavras-chave: Fungos Micorrizas; Recuperação de Áreas Degradadas; Absorção do Fósforo; Adaptação a ambientes sob estresse; FMAs.

ABSTRACT:

Since the first civilizations, human beings have always shown the tendency to modify their habitat, bringing changes to the areas where they live in order to adapt them for their survival. Population growth, followed by civilizing development over historical periods, resulted in a series of transformations in the soil, which, over the years and technological advances, became increasingly serious. These transformations lead to a domino effect, where man modifies an entire area and compromises its soil in favor of the growth of civilization, and on the other hand the same soil now depleted of nutrients, organic matter and often toxic is insufficient to meet the demand for food production since it does not have the necessary characteristics for this. In this way, anthropic interventions are necessary to assist in the recovery process of these environments. In this regard, this article is a literature review on the use of arbuscular mycorrhizal fungi as a tool in recovery programs, in order to give plants the ability to develop in stress environments, helping to balance the ecosystem through their nutrient cycling and release activities, influence on carbon storage, among other aspects. Where it was possible to verify that the use of these fungi, brings a series of benefits in the fungus-plant-soil relationship.

Keywords: Mycorrhizal fungi; Recovery of Degraded Areas; Phosphorus absorption; Adaptation to environments under stress; FMA

REVISTA B3

Artigo embasado na **Revista Natureza online**, fundada no ano de 2003 e caracteriza-se como uma publicação eletrônica multidisciplinar, de acesso gratuito e destinada à rápida disseminação de pesquisas científicas no âmbito da Biomedicina, Ciências Biológicas, Educação Física, Medicina Veterinária e Odontologia. Atualmente está classificada como B3 pelo sistema Qualis da CAPES. A **Natureza online** é mantida pela **Escola Superior São Francisco de Assis - ESFA**, instituição de ensino vinculada ao Serviço Social Educacional Beneficente (SESEBE), da Ordem dos Frades Menores Capuchinhos.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
3 MATERIAL E MÉTODOS	9
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	9
4.1 FUNGOS MICORRIZICOS	9
4.2 MECANISMOS DE AÇÃO DE FUNGOS MICORRIZICOS.....	10
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
6 CONCLUSÃO.....	14
REFERÊNCIAS	15

1 INTRODUÇÃO

Desde as antigas civilizações o homem tende a modificar o local onde vive, em função de atender suas necessidades. No entanto, com o passar dos anos e o desenvolvimento da sociedade como um todo, essas mudanças foram se tornando cada vez mais severas.

Essas atividades antrópicas, condicionadas pelo aumento da população e consequentemente o crescimento desordenado de áreas urbanas, aumento da população e necessidade de produzir alimentos suficientes, acarreta em inúmeras consequências ao solo e ambiente em geral. Portanto, deposição de rejeitos de substâncias tóxicas, uso intensivo de áreas agrícolas além das atividades de mineração que por sua vez causam degradação e transformações física, química e biológica do solo (GONÇALVES et al., 2021). Ocasionalmente pobres em matéria orgânica, ácidos e até mesmo inférteis. (ANDRADE et al., 2020).

Diante dessas circunstâncias, faz-se necessário a intervenção humana, na busca por desenvolver meios que reciclem e reestabeleçam as condições naturais. Para isso, o processo de recuperação de uma área degradada exige como base, um estudo aprofundado da área em questão bem como suas particularidades, levando em conta os aspectos relacionados as composições florísticas originais, fatores químicos, físicos e biológicos do solo (GAID, 1996).

Dando maior ênfase nos fatores biológicos, pode-se destacar a comunidade microbiana por meio de fungos, bactérias, vírus protozoários, que desempenham papel muito importante no equilíbrio do ecossistema através de suas atividades de decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, liberação de nutrientes, influência na estocagem de carbono, entres outros (SILVA, 2020).

Neste universo, os membros que mais se destacam pela sua interação simbióticas entre microrganismos do solo para ocupação da área a ser recuperada, são os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), que auxiliam nesse processo e exercem grande influência na adaptação de plantas a fatores adversos, tais como estresses bióticos e abióticos no solo (SMITH e READ, 2008; RAMOS et al. 2011).

Tendo em vista tais aspectos, torna-se relevante discutir sobre a relação dos FMAs em diferentes situações de degradação e como esses organismos se comportam, portanto, o presente trabalho tem por objetivo analisar o uso e eficácia dos FMAs no processo de recuperação de solos degradados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado através de pesquisa bibliográfica e publicações científicas, formando uma revisão de literatura sobre as técnicas de recuperação de áreas degradadas utilizando fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). A etapa da pesquisa bibliográfica foi desenvolvida por meio de seleção e análise de fontes documentais que abordam a temática proposta, com pesquisa baseada em dados digitais, realizando assim o levantamento, seleção e documentação de bibliografias já publicadas sobre o tema em plataformas como Science Direct, Google Acadêmico, Periódicos CAPES e Scielo, os quais foram usados preferencialmente artigos internacionais e nacionais dos últimos 10 anos, dentre os quais encontram-se artigos mais antigos utilizados com a finalidade de embasar algumas informações mais específicas acerca do tema possibilitando que o pesquisador entre em contato com estes materiais e aprofunde os conhecimentos sobre o assunto.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 FUNGOS MICORRIZICOS

Os FMAs formam estruturas chamadas micorrizas, que é produzida durante a simbiose entre as raízes das plantas e os fungos presente no solo (BENNET, 2022). Existem quatro classificações de micorrizas que estabelece a relação fisiologicamente específica entre plantas e fungos, são elas; Ectomicorrizas, micorrizas arbusculares, micorrizas de orquídeas e micorrizas ericóides (GENRE et al., 2020). Nesta pesquisa, nos atentaremos aos dois grupos de maior relevância agrônômica, as Ectomicorrizas e Micorrizas Arbusculares (Endomicorrizas).

As ectomicorrizas evoluíram há milhares de anos a partir de uma linhagem que independe de outros tipos de micorrizas, isso aliado à coevolução de plantas e fungos, contribui para uma maior diversificação das plantas hospedeiras e fungos simbiontes (LEPAGE et al., 1997; WANG; QIU, 2006). Suas hifas cobrem a radícula formando uma espécie de manto externo, que se liga as células córtex das raízes. As hifas crescem entre as células do córtex da raiz, esse complexo sistema é chamado de “Rede de Harting” que forma as seguintes estruturas; manto fúngico; Rede de Harting e Micélio externo vegetativo que emerge das raízes (TEDERSOO et al., 2019).

A simbiose se inicia pela ativação dos propágulos dos esporos dos fungos, quando as hifas reconhecem no solo a planta hospedeira, colonizam essas raízes provocando o seu desenvolvimento (BERTOLAZI et al., 2010).

As endomicorrizas, é considerado o grupo mais comum, pois ocorre em 80% das plantas vasculares (LIN et al., 2020), amplamente distribuído geograficamente, possuindo melhor adaptação já que não apresentam especificidades tão exclusivas. Se caracteriza pelo seu crescimento intercelular, desenvolvendo um manto de hifas ao redor das raízes, onde crescem pequenas estruturas densas e ramificadas no interior das células córtex das raízes das plantas. Não é possível observar a olho nu, as modificações anatômicas pela instalação do fungo nas raízes da planta, como é o caso das ectomicorrizas, porém, em culturas como a cebola e o milho, sua coloração torna-se amarelada quando micorrizadas (SOUSA et al., 2006).

As endomicorrizas são comumente chamados de Fungos Micorrízicos arbusculares (FMAs) e são organismos biotróficos. Os FMAs pertencem ao filo Glomeromyceto, sendo divididos em quatro ordens a Archaeosporales, a Diversisporales, a Glomerales e Paraglomerales, toda essa classificação dá origem a aproximadamente 300 espécies (JOBIM et al., 2019) que predominam em solos de culturas agrícolas e ecossistemas florestais (BERUDE, 2015).

Os FMAs ocorrem na maioria dos solos, principalmente os tropicais de baixa fertilidade e infectam tanto plantas anuais, quanto perenes (PARRA et al., 2021; SILVA et al., 2022; SANTO et al., 2020). Promovem a absorção de nutrientes do solo, principalmente do fosforo, favorecendo o desempenho de crescimento da planta, bem como sua capacidade de resistir a ambientes perturbados (RODRIGUES et al., 2018).

4.2 MECANISMOS DE AÇÃO DE FUNGOS MICORRIZICOS

O termo micorriza tem origem do grego, mico (fungo) e riza (raiz), a décadas atrás J.L Harley citou a seguinte frase “Plantas não tem raízes, elas têm micorrizas”, com o intuito de alertar a comunidade científica sobre a associação dos fungos no solo com as raízes das plantas, sendo caracterizada como associação mutualística na maioria dos casos, ou seja, uma ligação que favorece ambas as partes (BERBARA; FONSECA, 2006).

Os fungos agem no interior da planta hospedeira articulando as proteínas que controlam o transporte de nutrientes, favorecendo na absorção de água, desenvolvimento da planta, resistência as doenças e conseqüentemente aumentando seu rendimento, ao mesmo tempo que supre as necessidades desses microrganismos com a liberação de fotoassimilados fornecendo energia para o crescimento e desenvolvimento dos fungos (RAMOS et al., 2011).

As Micorrizas assumem importância na absorção de nutrientes com baixa mobilidade na solução do solo zinco e cobre (CARDOSO et al., 2017; JANSÁ et al., 2019) e principalmente relacionada a solubilização do fósforo na solução do solo se dá pelo maior comprimento e menor diâmetro do micélio em relação as raízes, bem como a afinidade por íons de fosfato, permitindo a exploração nos poros do solo antes inacessíveis pela planta e podendo armazená-los como polifosfatos (KAISER et al., 2015; JOHRI et al., 2015; LIMA, 2020).

Nonato et al (2021) constatou que a inoculação de fungos nativos dos gêneros *Glomus* e *Acaulospora* em craibeira (*Tabebuia aurea*), promoveu maior crescimento em altura, comparada as mudas não inoculadas, isso se deu pelo melhor desenvolvimento do sistema radicular, possibilitando a absorção de mais água e nutrientes, mesmo em condições e estresse hídrico. Além disso fungos do gênero *Glomus margarita* também se mostram tolerantes a solos com pH baixo (SILVA et al., 2022).

O mecanismo de resistência a doenças ou infecções de algum patógeno apresentada pelas plantas quando inoculadas com FMAs se dá não apenas por atributos nutricionais, mas também por uma mudança na arquitetura da planta, em que, ao entender de forma sistêmica a ameaça, produz exsudatos que ativam a defesa da planta levando a resistência induzida (SPAGNOLETTI et al., 2017; SPAGNOLETTI et al., 2020).

A ação dos FMAs de adaptação a ambientes estressantes ocorre devido ao esse dinamismo em oferecer proteção a planta tanto através desses mecanismos nutricionais e não nutricionais como a ativação dos sistemas de defesa e manutenção a homeostase iônica (CARDOSO; KUYPER, 2006). Conferindo resistência a ambientes sob altas temperaturas, escassez de água, tóxicos e salinizados (MATHUR; JAJOO, 2020; LOZANO et al., 2012; EVELIN et al., 2019).

Além desses fatores a produção de glomalina e glicoproteína produzidas pelos FMAs, está diretamente ligada a hidrofobicidade das partículas do solo, favorecendo a drenagem da água (MERGULHÃO et al., 2008). Outro benefício importante da simbiose é a capacidade de fitorremediação, que funciona com a imobilização dos compostos

tóxicos na estrutura vegetal, removendo ou absorvendo pra si tais substâncias, impedindo que chegue de forma mais agressiva no meio ambiente (CAVALCANTE et al., 2009).

Dessa forma, a associação mutualística das micorrizas, através da simbiose proporcionam condições para o estabelecimento de diferentes espécies de plantas no solo, mesmo que estes apresentem baixa disponibilidade de nutrientes, alto grau de salinidade, e toxicidade devido a deposição de dejetos depositados de forma inadequados no solo, ou que apresentem algum grau de degradação, que dificultam o crescimento e desenvolvimento das plantas, além de funcionarem como bioindicadores de qualidade (ELOIS, 2021; MENDES et al., 2020).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após passar por um processo de distúrbio, um ecossistema pode perder a resiliência, e o retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ocorrer de forma bastante lenta (FERREIRA, 2000). Dessa forma, o desequilíbrio de uma área degradada acarreta inúmeros prejuízos, necessitando de medidas antrópicas para recuperação do ambiente e o manejo com os FMAs desenvolve o papel de amenizar danos no solo, podendo ser considerado uma ferramenta importante em programas de recuperação. (MATIAS et al., 2009; SANTIAGO et al., 2022). Pois a interação simbiótica entre fungos micorrizas e as raízes da planta hospedeira garante os meios para seu desenvolvimento, mesmo em áreas perturbadas, facilitando entre outras coisas na absorção de nutrientes e adaptação em ambientes sob estresse (VILA, 2021).

O meio de produção de mudas utilizadas para o cultivo de espécies florestais ou frutíferas nativas ou exóticas, para revegetação, geralmente se dá pela formação em viveiros, permitindo efetuar processo de inoculação dos fungos. Essas mudas quando inoculadas com FMAs tendem a aumentar a taxa de sobrevivência ao ser transplantadas para o campo. Segundo Fernandes et al., (2021) A inoculação de Fungos Micorrizas arbusculares *Rhizophagus clarus* em mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Caesalpinia férrea* testados em áreas de mineração mostrou uma capacidade de sobrevivência das espécies cerca de 20% maior comparado as não inoculadas.

Brito et al., (2017) também verificou melhor desempenho das mudas de Paricá (*Schizolobium parahyba*) quando inoculadas com FMAs, melhorando a eficiência na captação de nutrientes. Resultados que corroboram com os de Rodrigues et al., (2018)

inoculando com FMAs *Rhizophagus clarus* e nativos em mudas de Teca (*Tectona grandis*) obtendo maior crescimento e eficiência na absorção de nutrientes, principalmente o fósforo.

Em suas análises a respeito da absorção de nutrientes e avaliação de alguns parâmetros de crescimento da planta, Chandrasekaran (2020), constatou que houve aumento significativo na absorção de P (Fósforo), N (Nitrogênio) e K (Potássio) apresentando porcentagens de 36,3%, 22,1% e 18,5%, respectivamente, bem como aumento significativo na parte aérea, raiz e biomassa total em 36,3%, 28,5% e 29,7%, respectivamente em plantas micorrizadas em detrimento das não micorrizadas. Dentre espécies de fungos que mais se destacaram, foram as *Rhizophagus fasciculatus* seguido por *Funneliforme mosseae* e as plantas que melhor responderam as simbioses foram, *Triticum aestivum* seguido por *Solanum lycopersicum*.

A simbiose FMAs e planta pode ser potencializada com a aplicação de outros tipos de substratos (SANCHEZ et al., 2022). Segundo Costa et al., (2022) ao avaliar algumas estratégias que favorece a micorrização em áreas perturbadas no semiárido, percebeu maior a taxa de micorrização aliada ao uso do hidrogel mais barganha de carnaúba de 21 e 44% respectivamente.

Ao analisar as redes miceliais micorrízicas dos FMAs e proteínas no solo relacionados a glomalina puderam constatar que essa simbiose auxilia na agregação do solo, atributo esse que é fundamental para recuperação de áreas mais impactadas, uma vez que as propriedades estruturais dos agregados podem afetar diretamente diversas propriedades físicas e químicas do solo, como os gradientes nas concentrações de oxigênio do ar e os de composição da matéria orgânica (SANTIAGO et al., 2022)

A utilização de FMA combinadas a fertilizantes orgânicos também já se mostrou como alternativa para recuperação de áreas. BOLDT et al. (2021) constatou que mudas jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), sapucaia (*Lecythis pisonis* Camb.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e fertilizadas com vermicomposto, apresentaram incremento no crescimento, se apresentando como uma alternativa eficiente para recuperação de áreas degradadas. Nesse caso, a interação de FMA e microorganismos presentes no composto facilitam através da mineralização ou produção de enzimas, a disponibilização dos nutrientes da matéria orgânica do solo para absorção pelas plantas ou por FMAs (Azcon-Aguillar; Barea, 2015; Silva et al 2015).

Neste contexto é possível observar que o grande volume de hifas estabelecidas no solo, facilita a captação de água e nutrientes, favorecendo o desenvolvimento da estrutura

da planta como um todo, já que cada nutriente que é absorvido desenvolve uma função importante no seu crescimento (Ruiz Lozano et al., 2012). Para Hentz et al., (2017), para que a inoculação com FMA em espécies nativas utilizadas em programas de recuperação de áreas, faz necessário conhecimento das compatibilidades bioquímicas e moleculares da interação entre FMA e hospedeiro, assim a inoculação com fungo eficiente em espécies dependentes de micorriza reduz o custo total de produção e de formação da vegetação.

6 CONCLUSÃO

A associação mutualística entre fungos micorrizas arbusculares e plantas fornecem diversos benefícios durante o estabelecimento de interação simbiótica com a planta hospedeira. Principalmente relacionada a capacidade que os FMAs oferecem a planta de se desenvolver em ambientes perturbados, absorvendo nutrientes eficientemente, podendo então serem usados como uma ferramenta em programas de recuperação de áreas tanto isoladamente quando em combinação com outras tecnologias sustentáveis, afim de promover a revegetação de áreas e trazer novamente o equilíbrio para tais áreas.

Entretanto, convém ressaltar que novas pesquisas ainda são necessárias para que seja desvendados os mecanismos bioquímicos e moleculares que favorecem o emprego de FMA em ambientes perturbados.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, G. R. P; Transformation of clay minerals in salt-affected soils, Pantanal wetland, Brazil. **Geoderma**, v.371, p. 114380, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114380>. Acesso em: 20 nov. 2022.
- AZCÓN-AGUILAR, C.; BAREA, J. M. Nutrient cycling in the mycorrhizosphere. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 15, n. 2, p. 372-396, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162015005000035>. Acesso em: 01 dez. 2022.
- BENNETT, A. E et al. The Costs and Benefits of Plant–Arbuscular Mycorrhizal Fungal Interactions. **Annual Review of Plant Biology**, v. 73, p. 649-672, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-102820-124504>. Acesso em: 4 nov. 2022.
- BOLDT, J.L et al. Inoculação de espécies arbóreas com fungos micorrízicos adubadas com fertilizante orgânico e escória de siderurgia em área de reserva legal. **Revista Agroecossistemas**, v. 13, n. 1, p. 31-45, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v13i1.7315>. Acesso em: 01 dez. 2022.
- COSTA et al. Strategies that favor mycorrhization in the reforestation of a disturbed area in the semiarid region. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 51, n. 3, p. 741-750, jun. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v51i3.72501>. Acesso em: 06 out. 2022.
- CARDOSO, E.J.B.N; NOGUEIRA, M.A., ZANGARO, W. Importance of Mycorrhizae in Tropical Soils. In: de Azevedo, J., Quecine, M. (eds) *Diversity and Benefits of Microorganisms from the Tropics*. Springer, Cham, cap, 11. p. 245-267, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-55804-2_11. Acesso em: 05 nov. 2022.
- CHANDRASEKARAN, M. A meta-analytical approach on arbuscular mycorrhizal fungi inoculation efficiency on plant growth and nutrient uptake. **Agriculture**, Seoul, Korea, v. 10, n. 10, p. 370, jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture10090370>. Acesso: 20 nov. 2022.
- EVELIN, H et al. Mitigation of salinity stress in plants by arbuscular mycorrhizal symbiosis: current understanding and new challenges. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 470, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00470>. Acesso em: 15 de nov. 2022.
- ELOIS, M. A. **Revisão sistemática da literatura sobre a influência dos fungos ectomicorrízicos na colonização e sobrevivência de plantas**, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/223950/TCC_MarianaElois%20%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 03 de nov. de 2022.

FERNANDES, M. M et al. The inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi improved ecophysiological and growth parameters of *Schinus terebinthifolius* and *Caesalpinia ferrea* in degraded mining sites. **Environmental Challenges**, v. 4, p. 100181, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100181>. Acesso em: 10 nov. 2022.

FERREIRA, C.A. G. Recuperação de áreas degradadas. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 202, p. 127-130, 2000.

GONÇALVES, O. J et al. The role of roots plants and soil characteristics in coal mining areas: Geochemical and nanomineralogy information still without details. **Journal of environmental chemical engineering**, v. 9, n. 6. p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106539>. Acesso em: 10 nov. 2022.

GENRE, A et al. Unique and common traits in mycorrhizal symbioses. **Nat Rev Microbiol**, v. 18, p. 649-660, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41579-020-0402-3>. Acesso em: 4 nov. 2022.

HERRERA-PARRA, E et al. Native mycorrhizal fungi induce positive and differential effects on initial growth in *Capsicum* spp. **Acta Agrícola y Pecuaria**, v. 7, n. 1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071020>. Acesso em: 7 nov. 2022.

HENTZ, A. M.; SENA, D. S.; OLIVEIRA, G. F. Avaliação do desenvolvimento de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L), inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Enciclopédia Biosfera**, v.14 n. 25, p. 258-266, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2017A24. Acesso em: 20 nov. 2022.

JANSA, J et al. Arbuscular mycorrhiza and soil organic nitrogen: network of players and interactions. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 6, n. 1, pág. 1 a 10, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40538-019-0147-2>. Acesso em: 05 nov. 2022.

JOHRI, A. K et al. Fungal association and utilization of phosphate by plants: success, limitations, and future prospects. **Frontiers in microbiology**, v. 6, p. 984, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00984>. Acesso em: 02 dez. 2022.

JOBIM, K et al. New sporocarpic taxa in the phylum Glomeromycota: *Sclerocarpum amazonicum* gen. et sp. nov. in the family Glomeraceae (Glomerales) and *Diversispora sporocarpia* sp. nov. in the Diversisporaceae (Diversisporales). **Mycol Progress**, v. 18, p. 369 -384 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11557-018-01462-2>. Acesso em: 05 nov. 2022.

KAISER, Christina e cols. Exploring the transfer of recent plant photosynthates to soil microbes: mycorrhizal pathway vs direct root exudation. **New Phytologist**, v. 205, n. 4, p. 1537-1551, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nph.13138> Acesso em: 05 nov. 2022.

LARA, T. S et al. Influência da densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares nativos da Savana no desenvolvimento do milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 9, n. 4, p. 21-28, 2020. Disponível em:

<https://www.sciencegate.app/app/document#/10.47209/2317-5729.v.9.n.4.p.21-28/related-documents>. Acesso em: 10 nov. 2022.

LIMA, R. L. F. A. Micorrizas arbusculares e absorção de fósforo em função da capacidade de fixação de fósforo do solo e da competição com a microbiota. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, p. 1062-1079, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso em: 02 dez. 2022.

MATIAS, S. R. et al. Effect of rhizobia, mycorrhizal fungi and phosphatesolubilizing microorganisms in the rhizosphere of native plants used to recover an iron ore area in Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 45, p. 259–266, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2009.02.003>. Acesso em: 05 dez. 2022.

MATHUR, S; JAJOO, A. Arbuscular mycorrhizal fungi protects maize plants from high temperature stress by regulating photosystem II heterogeneity. **Industrial Crops and Products**, v. 143, p. 111934, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111934>. Acesso em: 05 nov. 2022.

NONATO, E. R. L et al. Craibeira, mycorrhizal fungi and water availability in different soil classes. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 34417–34432, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-075>. Acesso em: 4 nov. 2022.

PAGNOLETTI, F. N et al. Arbuscular mycorrhiza protects soybean plants against *Macrophomina phaseolina* even under nitrogen fertilization. **European Journal of Plant Pathology**, v. 156, n. 3, p. 839-849, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10658-020-01934-w>. Acesso em: 7 nov. 2022.

RUIZ-LOZANO, J. M et al. Regulation by arbuscular mycorrhizae of the integrated physiological response to salinity in plants: new challenges in physiological and molecular studies. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 2, p. 695–709, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/ers126>. Acesso: 10 nov. 2022.

RAMOS, A. C. et al. An outlook on ion signaling and ionome of mycorrhizal symbiosis. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 23, p. 79-89, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202011000100010>. Acesso em: 15 nov. 2022.

RODRIGUES, L. A. Fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e na nutrição mineral de mudas de *Tectona grandis* LF. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 25-34, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509831572>. Acesso em: 7 nov. 2022.

SANTIAGO, A et al. Rehabilitation promotes rapid recovery of arbuscular mycorrhizal fungi in iron mining areas. **Pedobiologia**, v. 95, p. 150838, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2022.150838>. Acesso em: 05 dez. 2022.

SILVA, C. G et al. Bibliographic survey on the association of rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi in *Vigna unguiculata* L. Walp. (cowpea bean). **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p. 297111335412-297111335412, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35412>. Acesso em: 7 nov. 2022.

SILVA, M. A et al. Avaliação da fauna edáfica e desenvolvimento do cacau inoculado com fungos micorrízicos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 33, 2020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.18677/EnciBio_2020C10. Acesso em: 02 dez. 2022.

SANCHEZ, T et al. Efecto de micorrizas arbusculares y abonos orgánicos en el comportamiento vegetativo de *Cinchona officinalis* en ambientes controlados. **Revista Científica Pakamuros**, v. 10, n. 3, p. 1-13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v10i3.311>. Acesso em: 05 nov. 2022.

SPAGNOLETTI, F et al. Arbuscular mycorrhiza reduces the negative effects of M. phaseolina on soybean plants in arsenic-contaminated soils. **Applied Soil Ecology**, v. 121, p. 41-47, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.09.019>. Acesso em: 7 nov. 2022.

TEDERSOO, L; BAHRAM. Mycorrhizal types differ in ecophysiology and alter plant nutrition and soil processes. **Biological Reviews**, v. 94, n. 5, p. 1857-1880, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/brv.12538>. Acesso em: 5 nov. 2022.

VILA, V. V et al. Microbiota do solo na tolerância de doenças em plantas: Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. 25910817161, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17161>. Acesso em: 7 dez. 2022.