

CARACTERIZAÇÃO SIMBIÓTICA ENTRE PLANTAS E FUNGOS MICORRÍZICOS: UM ESTUDO DE CASO DA REGIÃO PICO DOS MARINS (SP/MG)

Jean Stefano Gabriel¹ (IC), Isabela Carolina Mota² (EG), Rogério Melloni (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Fungi. Montanha. Simbiose.

Introdução

A região do Pico dos Marins, localizada na Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra da Mantiqueira, representa um ambiente montanhoso de notável diversidade ecológica. Esta área, situada entre os estados de Minas Gerais e São Paulo, é reconhecida por sua paisagem exuberante, compreendendo diferentes fitofisionomias vegetais. O Pico dos Marins, alcançando uma altitude de 2.420 metros, tem se destacado como um importante destino para o ecoturismo na região, trazendo benefícios econômicos e gerando empregos, quando devidamente estruturado (FONTOURA et al., 2021; SOUSA et al., 2022). Contudo, a ausência de um adequado controle e planejamento turístico resultou em danos ambientais notáveis, incluindo incêndios e perturbações causadas por visitantes. Dentre os componentes bióticos afetados por esses distúrbios, merece destaque a simbiose micorrízica, particularmente, a associação com os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que desempenham um papel crucial na nutrição e resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos. No entanto, investigações abrangentes sobre essa relação simbiótica em ambientes de montanha, como o Pico dos Marins, permanecem escassas no contexto científico brasileiro.

Este estudo buscou preencher parte desta lacuna de pesquisa, conduzindo um levantamento exploratório da simbiose micorrízica na região do Pico dos Marins. Utilizando coletas ex situ e análises laboratoriais, investigamos a presença e a importância dos FMA na sobrevivência e desenvolvimento das plantas diante das pressões antropogênicas resultantes do turismo desordenado. Além disso, este estudo visou fornecer dados científicos que contribuam para a preservação e gestão ambiental dessa área de relevância turística e ecológica.

Metodologia

A pesquisa foi conduzida na área compreendida entre os municípios de Piquete e Cruzeiro, no estado de São Paulo, e Marmelópolis, no estado de Minas Gerais, com foco na trilha ao Pico dos Marins. Esta trilha encontra-se integralmente inserida na Unidade de Conservação (UC) - Área de Proteção Ambiental (APA) Federal da Serra da Mantiqueira.

Pontos de Coleta

No contexto do estudo exploratório destinado à caracterização microbiológica da simbiose FMA-planta, foram selecionados 12 pontos distintos ao longo da trilha para a coleta de amostras, contemplando tanto raízes quanto amostras de solo.

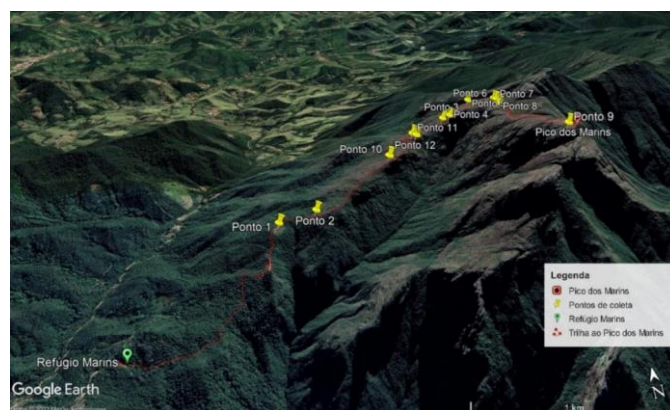


Figura 1 – Pontos de realização das coletas de plantas ao longo da trilha que conduz ao Pico dos Marins, entre os territórios dos municípios de Marmelópolis (MG), Piquete (SP) e Cruzeiro (SP).

Crítérios para realização das coletas

A coleta de amostras foi realizada seguindo critérios rigorosos, incluindo a preferência pela coleta de indivíduos vegetais na interface entre o solo e a rocha, em detrimento da coleta direta no solo. Adicionalmente, buscou-se coletar indivíduos vegetais com raízes finas e de pequeno porte, preferencialmente com características

herbáceas, a fim de possibilitar a remoção completa dos indivíduos do local de amostragem (Figura 2). O objetivo desses critérios foi garantir a obtenção de amostras representativas e adequadas para análises laboratoriais subsequentes.



Figura 2 – Sequência de imagens detalhando a coleta de plantas que se desenvolvem diretamente nas fendas entre as rochas.

Métodos Laboratoriais empregados

As amostras coletadas foram manipuladas empregando-se luvas e instrumentos devidamente desinfetados. A separação das partes aéreas das raízes seguiu a metodologia proposta por Peixoto e Maia (2013) para produzir exsiccatas, possibilitando a identificação a nível de família, demonstradas de acordo com as coletas de 1 a 12, a seguir.

Tabela 1 – Identificação das famílias das plantas coletadas ao longo da trilha.

Ponto coletado	Famílias
1	Rubiaceae
2	Velloziaceae
3	Asteraceae
4	Não identificada
5	Bromeliaceae
6	Não identificada
7	Melastomataceae
8	Myrtaceae
9	Asteraceae
10	Asteraceae
11	Myrtaceae
12	Asteraceae

Posteriormente, a quantificação da intensidade de colonização micorrízica nas raízes foi realizada conforme o método de Phillips e Hayman (1970), avaliando o

volume ocupado por estruturas micorrízicas. A porcentagem de colonização micorrízica foi determinada de acordo com Giovannetti e Mosse (1980). Além disso, amostras de solo rizosférico foram analisadas para quantificar micélio extrarradicular total de FMA, seguindo Melloni e Cardoso (1999), e o número total de esporos de FMA por meio do método de Gerdemann e Nicolson (1963).

Resultados e discussão

Este estudo exploratório revela a ocorrência generalizada de simbiose micorrízica entre plantas e fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na região em questão. As análises revelaram que todos os indivíduos vegetais examinados estabeleceram essa relação simbiótica, com uma média de 84% de intensidade (Figura 3) e 94% de porcentagem de colonização micorrízica (Figura 4).

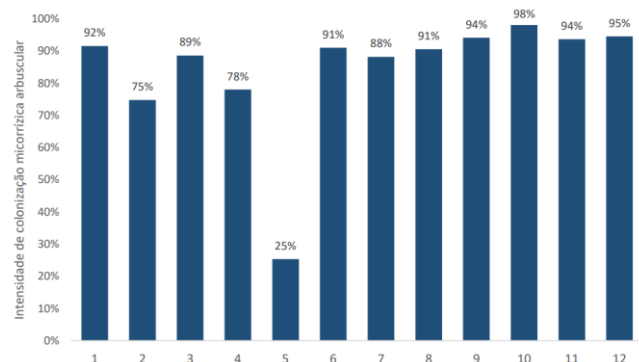


Figura 3 – Porcentagem da intensidade da colonização micorrízica em amostras de raízes obtidas ao longo da trilha do Pico dos Marins.

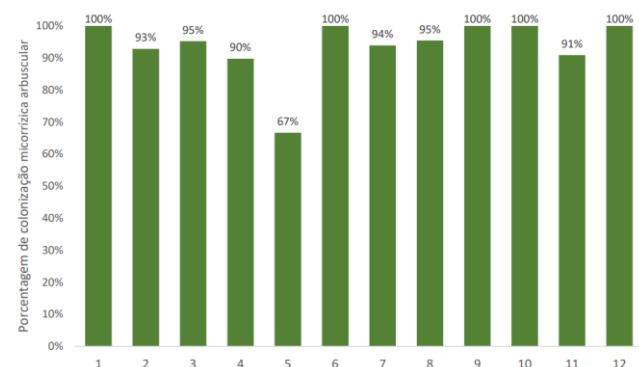


Figura 4 – Porcentagem de colonização micorrízica em amostras de raízes obtidas ao longo da trilha ao Pico dos Marins.

Neste estudo, observou-se que algumas amostras de solo (amostras 6 e 8) não apresentaram quantidade suficiente para a análise do número total de esporos, sendo

excluídas dessa avaliação (Figura 5). Da mesma forma, amostras de solo 1, 5, 6 e 8 não continham volume adequado para a determinação do micélio extrarradicular (Figura 6). Apesar da heterogeneidade observada, o número de esporos não demonstrou um padrão consistente de distribuição com a altitude. Amostras associadas às plantas das famílias Rubiaceae e Bromeliaceae (amostras 1 e 5) exibiram valores mais elevados de esporos (1404 e 729, respectivamente) em comparação com as demais amostras (variando de 42 a 309).

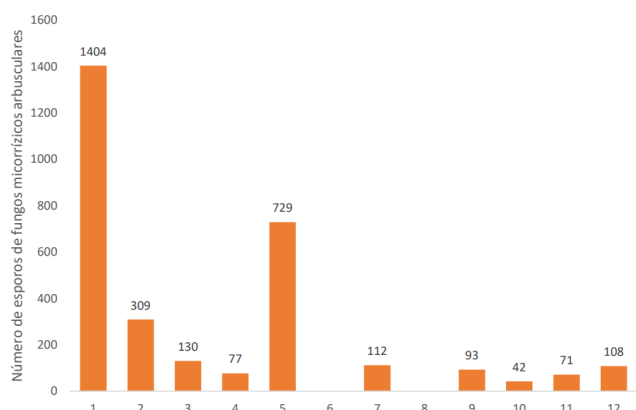


Figura 5 – Quantidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares por 50 mL de solo rizosférico nas amostras coletadas ao longo da trilha que leva ao Pico dos Marins

Quanto ao micélio extrarradicular, seus valores variaram de 0,61 m/g a 15,43 m/g, indicando a presença e atividade da simbiose micorrízica, com as hifas fúngicas explorando o solo rizosférico.

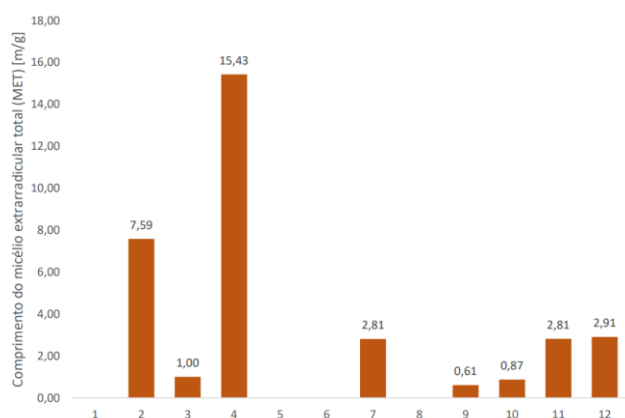


Figura 6 – Extensão total do micélio extrarradicular (MET), expressa em miligramas por grama de solo rizosférico, obtida nas amostras coletadas ao longo da trilha.

Isso representa o primeiro registro de tal simbiose entre plantas de diversas famílias nessa localidade, destacando

sua resiliência em condições ambientais desafiadoras, como variações de temperatura, escassez de solo e altas altitudes. Vale mencionar que, dada a natureza exploratória deste estudo e os critérios de coleta estabelecidos, não foram conduzidas análises de fertilidade dos solos rizosféricos coletados, concentrando-se exclusivamente na determinação dos propágulos de FMA, incluindo micélio extrarradicular total e número total de esporos.

A formação de simbiose em ambientes adversos, como os observados na região de estudo, caracterizados por variações térmicas significativas, escassez de solo e elevadas altitudes, ressalta a existência de uma relação mutualística entre os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e as plantas hospedeiras. Nesse contexto, ambas as partes envolvidas na simbiose teoricamente obtêm benefícios mútuos.

Adicionalmente, análises similares envolvendo FMA foram conduzidas em gradientes de altitude em outras regiões, como a Serra do Cipó, integrante da Cadeia do Espinhaço/MG (Coutinho et al., 2015), e na Serra do Mar/SP (Bonfim et al., 2016), revelando uma notável diversidade de FMA nestes ecossistemas. Importante ressaltar que Coutinho (2016) enfatiza a marcante influência da heterogeneidade ambiental, incluindo variações de altitude e características do solo, como fatores determinantes nas variações espaciais das espécies de FMA. Portanto, fatores abióticos, notadamente as variações do solo e elementos correlatos à altitude, como temperatura, precipitação e umidade, desempenham funções críticas na compreensão das dinâmicas desses microrganismos (Soudzilovskaia et al., 2015; Drollinger et al., 2017; Makarov et al., 2020).

A pesquisa nessa região específica contribuiu para uma compreensão mais profunda da sobrevivência das plantas em condições ambientais ainda pouco exploradas por pesquisadores brasileiros. Assim, foi possível realizar a confirmação da formação da simbiose micorrízica na região do Pico dos Marins que destaca a importância da preservação desse ambiente e fornece informações relevantes para a gestão, proteção e conservação de seus recursos naturais.

Conclusões

O estudo revelou que as raízes coletadas na interface solo-rocha ao longo da trilha do Pico dos Marins apresentaram uma significativa colonização por fungos micorrízicos arbusculares (FMA), com uma taxa média de colonização variando entre 84% e 94%. Além disso, foram observados micélio extrarradicular e esporos no solo rizosférico, corroborando a presença e a atividade da relação simbiótica entre as plantas e os FMA.

Notavelmente, este estudo representa o primeiro registro documentado de simbiose micorrízica nesta região, destacando a relevância da preservação desse ambiente. A descoberta reforça a importância de se tomar medidas para conservar e proteger essa área, considerando sua singularidade e a função vital que os FMA desempenham na sobrevivência das plantas nas condições ambientais específicas encontradas no Pico dos Marins.

Agradecimentos

Agradeço à Universidade Federal de Itajubá pelo apoio e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo financiamento concedido, que viabilizaram a realização deste trabalho.

Referências

- Bonfim, J.A., Vasconcellos, R.L.F., Gumiere, T., Mescolotti, D. L. C., Oehl, F.; Cardoso, E. J. B. N., 2016. Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in a Brazilian Atlantic Forest Toposequence. *Microbial Ecology* [online] 71, 164–177. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s00248-015-0661-0>. Acesso: 21 mar. 2023.
- Coutinho, E. S., 2016. Diversidade e ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em campos rupestres. Tese (Doutorado). Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Coutinho, E. S., Fernandes, G. W., Berbara, R. L. L., Valério, H. M., Goto, B. T., 2015. Variation of arbuscular mycorrhizal fungal communities along an altitudinal gradient in rupestrian grasslands in Brazil. *Mycorrhiza* [online] 25(8), 627-638. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s00572-015-0636-5>. Acesso: 23 mar. 2023.
- Drollinger, S., Müller, M., Kobl, T., Schwab, N., Böhner, J., Schickhoff, U., Scholten, T., 2017. Decreasing nutrient concentrations in soils and trees with increasing elevation across a treeline ecotone in Rolwaling Himal, Nepal. *Journal of Mountain Science* [online] 14, 843–858. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s11629-016-4228-4>. Acesso: 14 mar. 2023.
- Fontoura, L. M., Adams, L., Medeiros, R., 2021. Ecotourism and biodiversity conservation in national parks of Brazil and the United States. *Revista Brasileira De Ecoturismo (RBEcotur)* 14(3), 417-434. Disponível: <https://doi.org/10.34024/rbecotur.2021.v14.11061>. Acesso: 23 mar. 2023.
- Gerdemann, J. W., Nicolson, T. H., 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological society* [online] 46(2), 235-244. Disponível: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0). Acesso: 16 mar. 2023.
- Giovanetti, M., Mosse, B., 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist* [online] 84, 489-500. Disponível: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>. Acesso: 16 mar. 2023.
- Makarov M. I., Sabirova, R. V., Kadulin, M. S., Malysheva, T. I., Zhuravleva, A. I., Onipchenko, V. G., Aksenova, A. A., 2020. Dependence of soil properties under alpine heath lichen community on soil water content and presence of *Vaccinium vitis-idaea*. *Eurasian soil Science* [online] 53, 941-949. Disponível: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1064229320070091>. Acesso: 14 mar. 2023.
- Melloni, R., Cardoso, E. J. B. N., 1999. Quantificação de micélio extrarradicar de fungos micorrízicos arbusculares em plantas cítricas e endófitos: I. Método empregado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* [online] 23(1), 53-58. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0100-06831999000100007>. Acesso: 16 mar. 2023.
- Peixoto, A. L., Maia, L. C., 2013. Manual de Procedimentos para Herbários. Editora Universitária. Disponível: https://ahim.files.wordpress.com/2014/04/manual_procedimentos_herbarios_portuges_2013.pdf. Acesso: 16 mar. 2023.
- Phillips, J. M., 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 of Mycological Society* [online] 55(1), 158-160. Disponível: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3). Acesso: 16 mar. 2023.
- Soudzilovskaia, N. A., Douma, J. C., Akhmetzhanova, A. A., van Bodegom, P. M., Cornwell, W. K., Moens, E. J., Treseder, K. K., Tibbett, M., Wang, Y. P., Cornelissen, J. H. C., 2015. Global patterns of plant root colonization intensity by mycorrhizal fungi explained by climate and soil chemistry. *Global Ecology and Biogeography* [online] 24(3), 371–382. Disponível: <https://doi.org/10.1111/geb.12272>. Acesso: 14 mar. 2023.
- Sousa, J. A. P., Amorim, A. T., Souza, J. C., Ewbank, H., Lourenço, R. W., 2022. Proposta de um indicador de sustentabilidade para fragmentos florestais (ISFF) por meio de modelagem ambiental. *Revista Brasileira de Geografia Física* 15(1), 250-267. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/250704/40703>. Acesso: 14 mar. 2023.