

FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES COMO INDICADORES DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO ECOSSISTEMA CAATINGA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Karinne de Albuquerque Campos do Prado

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

Ana Caroline Coelho Pereira da Silva

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

Clecia Simone Goncalves Rosa Pacheco

Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE)

Fábio Freire de Oliveira

Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE)

Alineaurea Florentino Silva

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Semiárido (EMBRAPA)

Cristiane Moraes Marinho

Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE)

Regina Lúcia Félix de Aguiar Lima

Universidade de Pernambuco (UPE)

Karolline de Albuquerque Campos do Prado

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

RESUMO

Objetivo: oferecer subsídios para a construção do conhecimento prático, compactado e fácil sobre os fungos micorrizicos arbusculares como indicadores de recuperação de áreas degradadas no ecossistema caatinga a partir de uma revisão integrativa, mostrando também que é necessário cuidar deste ecossistema, a partir de uma iniciativa de recuperação de áreas degradadas, utilizando como aliado elementos que já fazem parte da natureza, com vistas a mitigar os impactos ambientais e evitar as severas consequências das mudanças climáticas no Semiárido brasileiro. **Métodos:** trata-se de uma revisão integrativa, e para o levantamento dos artigos na literatura, foi realizada uma busca nas seguintes bases de dados: *Scielo* e *Google Scholar*. Foram utilizados, para busca dos artigos, os seguintes descritores e suas combinações nas línguas portuguesa e inglesa: “micorrizas”, “recuperação de áreas” e “caatinga”. Para analisar os artigos selecionados, utilizou-se o modelo de revisão integrativa publicada por Souza *et al* (2010). **Resultados:** foram encontrados no total, incluindo estudos nas plataformas *Scielo* e *Google Scholar*, com a busca de todos os descritores (n= 7.127) artigos, desses foram selecionados (n= 35) após ler o título e (n= 16) após ler o resumo. Após selecionar os (n= 16) artigos de acordo com a leitura dos seus resumos, foram selecionados (n= 9) após leitura de artigo completo para fazer parte dessa revisão integrativa da literatura, contemplando o assunto fungos micorrizicos arbusculares como indicadores de recuperação de áreas degradadas no bioma caatinga. **Conclusão:** nessa revisão integrativa, chegou-se à conclusão, que os fungos micorrizicos arbusculares podem ser utilizados como indicadores de recuperação de áreas degradadas no ecossistema caatinga, pois, diante de todo o exposto, viu-se que, se a microbiota do solo está saudável, tem-se maior chance de recuperação do solo.

Palavras-chave: Micorrizas, Degradação, Semiárido.

■ INTRODUÇÃO

A diversas atividades humanas que acontecem no meio ambiente, podem modificar as paisagens, diminuindo a resiliência das áreas alteradas, fazendo com que em alguns casos, seja preciso a intervenção humana para facilitar e acelerar a recuperação das funções do ecossistema (LIMA *et al*, 2017). Essas atividade humanas acontecem nos mais diferentes ecossistemas e biomas, sendo bem característica no ecossistema Caatinga.

A Caatinga é exclusiva do Brasil, ocupando cerca de 10% do território brasileiro (844.453 km²) sendo o tipo de vegetação dominante (54%) na região Nordeste (OLIVEIRA *et al*, 2015). Esse ecossistema é rico em *habitats* e espécies, tendo uma biodiversidade rara e única; no entanto, está totalmente exposto a pressões antrópicas e exploração intensiva do vegetação nativa. Essas ações antrópicas no ecossistema, acarreta perda gradual do solo, deixando seu poder de regeneração, e se tornando cada vez mais aparente nos últimos anos (OLIVEIRA *et al*, 2015). Além disso tem-se a perda de fauna, flora, e a potencialização das mudanças climáticas.

Diante do exposto, se torna de indispensável importância, da criação de políticas públicas e ações que sejam em prol da recuperação de áreas degradadas no ecossistema Caatinga, pois, estamos falando de um ecossistema único e exclusivo brasileiro. Pensando nisso, temos, presente já na microbiota do solo, aliados das plantas que ajudam no desenvolvimento e produção mais acelerado, um deles são os Fungos Micorrizicos Arbusculares (FMAs).

Os FMAs são fungos que promovem uma associação mutualista, presente de forma natural no solo, e desempenham inúmeras funções que são benéficas para o sistema solo-planta onde são encontrados, e umas dessas funções é a capacidade de aumentar a absorção de água e nutrientes pelas plantas, essenciais para o seu desenvolvimento, em contrapartida, as plantas fornecem fotossintatos aos FMAs (SILVA *et al.*, 2020). Dentre os nutrientes que estão nessa absorção, o fósforo é especialmente importante, tanto pela baixa mobilidade no solo, quanto pela alta demanda pelas plantas (LIMA, 2020). Esses fungo são utilizados como aliados tanto na agricultura, como na recuperação de áreas degradadas, pois, eles tem a função de acelerar o crescimento de qualquer planta, conseguindo fazer essa simbiose e aumentando o poder de absorção dos nutrientes do solo pelas plantas, tornando mais férteis os solos micorrizados.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi oferecer subsídios para a construção do conhecimento prático, compactado e fácil sobre os fungos micorrizicos arbusculares como indicadores de recuperação de áreas degradadas no ecossistema caatinga a partir de uma revisão integrativa, mostrando também que, é necessário cuidar deste ecossistema, a partir de uma iniciativa de recuperação de áreas degradadas, utilizando como aliado elementos

que já fazem parte da natureza, com vistas a mitigar os impactos ambientais e evitar as severas consequências das mudanças climáticas no Semiárido brasileiro.

■ MÉTODOS

Trata-se de uma revisão integrativa, que se caracteriza por ser uma pesquisa com coleta de dados realizada em fontes secundárias, através do levantamento bibliográfico, e com base na experiência vivida por autores por ocasião da realização do tema estudado (SOUZA, *et al*, 2010).

Para o levantamento dos artigos na literatura, foi realizada uma busca nas bases de dados *Scielo* e *Google Scholar*. Foram utilizados, para busca dos artigos, os seguintes descritores e suas combinações nas línguas portuguesa e inglesa: “micorrizas”, “recuperação de áreas” e “caatinga”.

Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos foram: (a) artigos publicados em português e inglês; (b) artigos na íntegra que retratem a temática referente à revisão integrativa; e (c) artigos publicados e indexados nos referidos bancos de dados nos últimos cinco anos.

Para analisar os artigos selecionados, utilizamos o modelo de revisão integrativa publicada por Souza *et al* (2010), analisando e sintetizando os dados extraídos dos artigos de forma descritiva, possibilitando observar, contar, descrever e classificar os dados, com o intuito de reunir o conhecimento produzido sobre o tema explorado na revisão.

■ RESULTADOS

A revisão integrativa ajuda a identificar, analisar e sintetizar resultados de estudos independentes sobre o mesmo assunto, de maneira prática e organizada, contribuindo de forma eficaz para o conhecimento do assunto em questão (SOUZA *et al.*, 2010). Mostra-se, então, que a importância da utilização da revisão integrativa se dá, não somente pelo desenvolvimento de pesquisa, mas também, no pensamento crítico que os projetos precisam ter para existir (GANONG, 1987).

Foram encontrados no total, incluindo estudos nas plataformas *Scielo* e *Google Scholar*, com a busca de todos os descritores (n= 7.127) artigos, desses foram selecionados (n= 35) após ler o título e (n= 16) após ler o resumo (Tabela 1).

Tabela 1. Artigos levantados por descritores, título e resumo nas bases de dados Scielo e Google Scholar sobre fungos micorrizicos arbusculares como indicadores de recuperação de áreas degradadas no bioma caatinga.

Plataforma de pesquisa	Descritores	Quantidade de artigos encontrado por descritores	Artigos selecionados por título	Artigos selecionados por resumo
<i>Scielo</i>	Micorrizas and recuperação de áreas	02	02	0
	Micorrizas and caatinga	0	0	0
	Recuperação de áreas and caatinga	03	03	01
	Mycorrhizae and recovery of areas	0	0	0
	Mycorrhizae and caatinga	0	0	0
	Recovery of areas and caatinga	06	06	02
<i>Google Scholar</i>	Micorrizas and recuperação de áreas	1.620	03	03
	Micorrizas and caatinga	931	05	02
	Recuperação de áreas and caatinga	2.060	03	02
	Mycorrhizae and recovery of areas	647	06	02
	Mycorrhizae and caatinga	738	04	03
	Recovery of areas and caatinga	1.120	03	01
Total		7.127	35	16

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Após selecionar os (n= 16) artigos de acordo com a leitura dos seus resumos, foram selecionados (n= 9) após leitura de artigo completo para fazer parte dessa revisão integrativa da literatura, conforme quadro 1, contemplando o assunto fungos micorrizicos arbusculares como indicadores de recuperação de áreas degradadas no ecossistema caatinga.

Quadro 1. Artigos completos selecionados nas bases de dados *Scielo* e *Google Scholar* sobre fungos micorrizicos arbusculares como indicadores de recuperação de áreas degradadas no bioma caatinga para fazer parte da revisão integrativa.

Plataforma de pesquisa	Título do Artigo	Autores	Periódico (vol, no, pág, ano)	Considerações/Temática
<i>Scielo</i>	Soil Fauna As Bioindicator Of Recovery Of Degraded Areas In The Caatinga Biome	Lima, K. D. R. De; Camara, R.; Chaer, G. M.; Pereira, M. G.; Resende, A. S. De.	Revista Caatinga, v. 30, n. 2, p. 401-411, 2017.	Avaliou o emprego dos microorganismos como bioindicadores da qualidade do solo em áreas de plantios florestais para a recuperação de áreas de extração deste recurso mineral. Considerando a mata nativa de Caatinga como referencial.
<i>Scielo</i>	Response of an endangered tree species from Caatinga to mycorrhization and phosphorus fertilization	Oliveira, J. R. G. de; Silva, E. M.; Teixeira-Rios, T.; Melo, N. F. de; Yano-Mello, A. M.	Acta Botanica Brasilica, v. 29, n. 1, p. 94-102, 2015.	Mostra a importância de uma espécie nativa da caatinga para a preservação e recuperação da Caatinga.
<i>Google Scholar</i>	Micorrizas arbusculares e mamoneira (<i>Ricinus communis</i> L.): 2. cultivo de sequeiro no semiárido	Silva, C. M. da; Silva P. B. da; Prado, K. de A. C. do; Junior, C. de L.; Lima, R. L. F. de A.	Brazilian Journal of Development, v. 6, n.12, p. 98964-98976, 2020.	Foi avaliado o efeito sobre a colonização micorrizica produzido pela mudança no uso do solo pela implantação de cultivo de mamona em área de sequeiro no semiárido.
<i>Google Scholar</i>	Arbuscular mycorrhizal fungi in soils of arboreal Caatinga submitted to forest management	Pereira, J. E. S.; Barreto-Garcia, P. A. B.; Scoriza, R. N.; Júnior, O. J. S.; Gomes, V. de S.	Forest Science, v.13, n.1, p. 5497-5503, 2018.	Avaliou-se mudanças na comunidade de fungos micorrizicos arbusculares do solo em área de Caatinga arborea submetida a manejo florestal.
<i>Google Scholar</i>	Native Caatinga Species For The Recovery Of Degraded Areas In The Brazilian Semi-arid Region	Carvalho, J. N. de; Beckmann-Cavalcante, M. Z.; Rodrigues, R. G.; Fontana, A. P.; Pifano, D. S.	Revista Árvore, v. 46, n. 1, p. 4610-4622, 2022;	Tratou de prospectar, dentre as espécies de crescimento espontâneo em aterros compactados, plantas nativas da Caatinga com potencial para cobertura de solo em áreas extremamente impactadas.
<i>Google Scholar</i>	Recuperação De Solo Com O Sistema Agroflorestal	Moraes, J. A. T.; Cavichio-li, F. A.	Interface Tecnológica, v. 19 n. 2, p. 597-607, 2022.	Evidenciou-se a recuperação do solo com o sistema de agroflorestal.
<i>Google Scholar</i>	Soil Microbiological Properties And Enzyme Activity In Agroforestry Systems Compared With Monoculture, Natural Regeneration, And Native Caatinga	MIGUEL, D. L.; SILVA, E. M. R. da; SILVA, C. F. da; PEREIRA, M. G.; LEITE, L. F. C.	Bioscience Journal, v. 36, n. 1, p. 1-16, 2020.	Avaliou-se a influência de sistemas agroflorestais de diferentes idades nos atributos biológicos do solo para a recuperação de áreas degradadas na caatinga.
<i>Google Scholar</i>	Micorrizas Arbusculares e Teor de Fosforo no Solo em Agroecossistemas de Melloiro do Semiárido.	Silva, P. B. da; Giongo, V.; Junior, C. de L.; Lima, R. L. F. de A.	Anais da III Jornada de Integração da Pós-Graduação da Embrapa Semiárido, p. 79-84, 2018.	Investigou-se a adubação verde como uma prática conservacionista que pode ter efeito benéfico, para FMA, componentes da comunidade microbiana do solo e para a preservação da caatinga.
<i>Google Scholar</i>	Caracterização e recuperação de áreas com coprodutos de mineração no semiárido da paraíba. Emprego de serrapilheira	Martins, K. B. da S.; Santos, R. V. dos; Leite, A. P.; Fernandes, T. L. S.; Moraes, G. V. de; Medeiros, N. C. G. de; Monteiro, M. M.; Sousa, S. M. da S.	Research, Society and Development, v. 11, n. 4, p. 1-11, 2022.	Promover o processo de recuperação de áreas degradadas por deposição de coprodutos de mineração na região semiárida da Paraíba por meio de espécies nativas do bioma Caatinga e também por meio do uso de ações que permitam recuperar e preservar o bioma.

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Após a leitura do texto completo dos nove artigos selecionados, resumimos de forma bem pratica e sucinta o que de principal informação trazia os artigos e colocamos em um quadro, conforme mostrado na figura acima (Quadro 1), essa fase da pesquisa ajuda a descrever o artigo, entender e concluir o estudo, deixando a discussão mais descomplicada.

■ DISCUSSÃO

A presente revisão integrativa, dá-nos a oportunidade de depois de uma pesquisa feita nas plataformas citadas anteriormente, chegar a um resultado de nove artigos, onde demonstrou como se pode utilizar os fungos micorrizicos arbusculares como indicadores de recuperação de áreas degradadas no ecossistema caatinga. De acordo com os estudos lidos, ficou claro que os FMAs podem atuar como aliados nas recuperação de áreas degradadas, essencialmente no Semiárido, como forma de mitigar impactos em áreas degradadas e minimizar as consequências das mudanças climáticas.

Lima *et al* (2017), diz em seu estudo, que a fauna do solo foi eficiente como bioindicador para monitorar a qualidade ecológica das áreas avaliados no ecossistema Caatinga. Completa ainda que, a complexidade ecológica da fauna do solo em as áreas de mata nativa da Caatinga, foi maior do que encontrado nas plantações florestais, independentemente, da adição de solo superficial. Dentro dessa fauna do solo, encontra-se os FMAs que também fazem parte dessa eficácia como bioindicador para a atividade ecológica.

Oliveira *et al* (2015), Silva *et al* (2018) e Silva *et al* (2020) mostram que os FMAs são muito eficazes quando falamos em absorção de fósforo, em ambientes com adubação fosfatada, onde eles perceberam que a absorção é melhor com os fungos, aumentando assim o desenvolvimento da planta.

A comunidade do solo de fungos micorrizicos arbusculares é sensível às mudanças causadas pelo manejo florestal, tendo variações na sua simbiose em relação ao solo. Apesar disso, a comunidade micorrizica mostrou-se capaz de recuperação com o tempo, fazendo com que continue sendo aliada das plantas no seu desenvolvimento (PEREIRA *et al.*, 2018).

Carvalho *et al* (2022), mostrou em seu trabalho que, para a recuperação de áreas degradadas no ecossistema caatinga, podem usar as espécies *Senna uniflora*, *Rhaphiodon echinus*, *Sida galheirensis*, *Mesosphaerum suaveolens*, *Hexasepalum teres*, *Waltheria rotundifolia*, *Trianthema portulacastrum* e *Herissantia crispa*, que são nativas da caatinga e tem grande capacidade de cobertura vegetal para solo, ajudando no maior aproveitamento do solo daquela área. A recuperação de áreas degradadas, segundo Moraes e Cavichioli (2022) e Miguel *et al*, (2020), também acontecem a partir do uso de sistemas agroflorestais integrados a natureza.

Martins *et al*, (2022), registrou em seu trabalho que a recuperação de áreas degradadas em locais que a microbiota e o solo já não estão tão férteis, tem maior dificuldade de se regenerar e desenvolver as plântulas que ali nascem.

Portanto, diante de tudo que foi lido e analisado nos trabalhos aqui citados, percebe-se que a necessidade de recuperar, preservar e conservar os diferentes ecossistemas e

principalmente a Caatinga, é uma preocupação de muitos pesquisadores, das instituições acadêmicas e de boa parte da população mundial.

Assim, as pesquisas procuram formas de como trabalhar na recuperação da Caatinga de maneira mais fácil, e nos mostram que os estudos trazem soluções que tornam esse caminho viável e possível, utilizando componentes já existentes na microbiota e divulgando esses resultados. Os trabalhos lidos, nos mostram que é possível ainda, salvar o ecossistema Caatinga e preservá-lo.

■ CONCLUSÃO

Nessa revisão integrativa, chegou-se à conclusão, com o auxílio das pesquisas desenvolvidas pelos autores aqui citados, que os fungos micorrizicos arbusculares podem sim ser utilizados como indicadores de recuperação de áreas degradadas no ecossistema caatinga, pois, diante de todo o exposto, viu-se que, se a microbiota do solo esta saudável, tem-se, maiores chances de recuperação do solo, e conseqüentemente, das áreas degradadas.

Os FMAs tem função direta na absorção de nutrientes, principalmente, o fósforo, que é de extrema importância para o desenvolvimento e sobrevivência da planta, fazendo com que seja muito importante para o sistema solo-planta, e desempenhe tão bem a função de ajudar a planta a brotar e se recuperar naquele solo degradado.

Agradecimentos

A Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. Ao Programa de Pós Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial. A disciplina de Mudanças Climáticas e Impactos na Agricultura do PPGADT-UNIVASF.

■ REFERÊNCIAS

Carvalho, Jullyanna Nair de; Beckmann-Cavalcante, Márkilla Zunete; Rodrigues, Renato Garcia; Fontana, André Paviotti; Pifano, Daniel Salgado. Native Caatinga Species For The Recovery Of Degraded Areas In The Brazilian Semiarid Region. **Revista Árvore**, v. 46, n. 1, p. 4610-4622, 2022.

Ganong, Lawrence H. Integrative reviews of nursing research. **Research in Nursing e Health**, v. 10, n. 1, p. 1-11. 1987.

LIMA, Khadidja Dantas Rocha De; CAMARA, Rodrigo; CHAER, Guilherme Montandon; PEREIRA, Marcos Gervasio; RESENDE, Alexander Ssilva De. Soil Fauna. As Bioindicator of Recovery of Degraded Areas In The Caatinga Biome. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 401-411, 2017.

LIMA, Regina Lúcia Félix Aguiar. 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, n. 03, p. 1062-1079, 2020.

MARTINS, Keygla Beatriz da Silva; SANTOS, Rivaldo Vital dos; LEITE, Arliston Pereira; FERNANDES, Teotônio Lucas Sabino; MORAIS, Gerlanny Vieira de; MEDEIROS, Natielly Cristine Gomes de; MONTEIRO, Mikaella Meira; SOUSA, Sávio Maciel da Silva. Caracterização e recuperação de áreas com coprodutos de mineração no semiárido da Paraíba. Emprego de serrapilheira. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. 1-11, 2022.

MIGUEL, Divino Levi; SILVA, Eliane Maria Ribeiro da; SILVA, Cristiane Figueira da; PEREIRA, Marcos Gervasio; LEITE, Luiz Fernando Carvalho. Soil Microbiological Properties And Enzyme Activity In Agroforestry Systems Compared With Monoculture, Natural Regeneration, And Native Caatinga. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 1, p. 1-16, 2020.

MORAES, João Antonio Tonon; CAVICHIOLI, Fábio Alexandre. Recuperação De Solo Com O Sistema Agroflorestal. **Interface Tecnológica**, v. 19 n. 2, p. 597-607, 2022.

OLIVEIRA, João Ricardo Gonçalves de; SILVA, Eliene Matos; TEIXEIRA-RIOS, Thaís; MELO, Nataniel Franklin de; YANO-MELO, Adriana Mayumi. Response of an endangered tree species from Caatinga to mycorrhization and phosphorus fertilization. **Acta Botanica Brasilica**, v. 29, n. 1, p. 94-102, 2015.

PEREIRA, Jhuly Ely Santos; BARRETO-GARCIA, Patricia Anjos Bittencourt; SCORIZA, Rafael Nogueira; JÚNIOR, Orivaldo José Saggin; GOMES, Vanessa de Souza. Arbuscular mycorrhizal fungi in soils of arboreal Caatinga submitted to forest management. **Forest Science**, v.13, n.1, p. 5497-5503, 2018.

SILVA, Camila Maria da; SILVA Patrícia Barbosa da; PRADO, Karinne de Albuquerque Campos do; JUNIOR, Claudemiro de Lima; LIMA, Regina Lúcia Félix de Aguiar. Micorrizas arbusculares e mamoneira (*Ricinus communis* L.): 2. Cultivo de sequeiro no semiárido. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n.12, p. 98964-98976, 2020.

SILVA, Patrícia Barbosa da; GIONGO, Vanderlise; JUNIOR, Claudemiro de Lima; LIMA, Regina Lúcia Félix de Aguiar. Micorrizas Arbusculares e Teor de Fosforo no Solo em Agroecossistemas de Meloeiro do Semiárido. **Anais da III Jornada de Integração da Pós-Graduação da Embrapa Semiárido**, p. 79-84, 2018.

SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, v. 8, n. 1, p. 102-106, 2010.