

# Meio ambiente:

Princípios ambientais,  
preservação e  
sustentabilidade

2

Danyelle Andrade Mota  
Milson dos Santos Barbosa

Clécio Danilo Dias da Silva  
Lays Carvalho de Almeida

(ORGANIZADORES)



# Meio ambiente:

Princípios ambientais,  
preservação e  
sustentabilidade

# 2

Danyelle Andrade Mota  
Milson dos Santos Barbosa

Clécio Danilo Dias da Silva  
Lays Carvalho de Almeida

(ORGANIZADORES)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



## Meio ambiente: princípios ambientais, preservação e sustentabilidade 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Danyelle Andrade Mota  
Clécio Danilo Dias da Silva  
Lays Carvalho de Almeida  
Milson dos Santos Barbosa

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M514 Meio ambiente: princípios ambientais, preservação e sustentabilidade 2 / Organizadores Danyelle Andrade Mota, Clécio Danilo Dias da Silva, Lays Carvalho de Almeida, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Outro organizador  
Milson dos Santos Barbosa

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5983-790-8  
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.908212112>

1. Meio ambiente. I. Mota, Danyelle Andrade (Organizadora). II. Silva, Clécio Danilo Dias da (Organizador). III. Almeida, Lays Carvalho de (Organizadora). IV. Título.

CDD 333.72

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A temática meio ambiente é um dos maiores desafios que a humanidade vivencia nas últimas décadas. A sociedade sempre esteve em contato direto com o meio ambiente, o que refletiu nas complexas inter-relações estabelecidas entre estes, promovendo práticas sociais, culturais, econômicas e ambientais. O uso indiscriminado dos recursos naturais e a crescente demanda de consumo da sociedade culminaram na degradação do meio natural, e muitas vezes, reverberaram em perda da qualidade de vida para muitas sociedades. Desse modo, é necessário a busca para compreensão dos princípios ambientais, preservação e sustentabilidade para alcançar o uso sustentável dos recursos naturais e minimizar os problemas ambientais que afetam a saúde e a qualidade de vida da sociedade.

Nessa perspectiva, a coleção “*Meio Ambiente: Princípios Ambientais, Preservação e Sustentabilidade*”, é uma obra composta de dois volumes com uma série de investigações e contribuições nas diversas áreas de conhecimento que interagem nas questões ambientais. Assim, a coleção é para todos os profissionais pertencentes às Ciências Ambientais e suas áreas afins, especialmente, aqueles com atuação no ambiente acadêmico e/ou profissional. A fim de que o desenvolvimento aconteça de forma sustentável, é fundamental o investimento em Ciência e Tecnologia através de pesquisas nas mais diversas áreas do conhecimento, pois além de promoverem soluções inovadoras, contribuem para a construção de políticas públicas. Cada volume foi organizado de modo a permitir que sua leitura seja conduzida de forma simples e objetiva.

O Volume I “*Meio Ambiente, Sustentabilidade e Educação*”, apresenta 16 capítulos com aplicação de conceitos interdisciplinares nas áreas de meio ambiente, sustentabilidade e educação, como levantamentos e discussões sobre a importância da relação sociedade e natureza. Desta forma, o volume I poderá contribuir na efetivação de trabalhos nestas áreas e no desenvolvimento de práticas que podem ser adotadas na esfera educacional e não formal de ensino, com ênfase no meio ambiente e preservação ambiental de forma a compreender e refletir sobre problemas ambientais.

O Volume II “*Meio Ambiente, Sustentabilidade e Biotecnologia*”, reúne 18 capítulos com estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa. Os capítulos apresentam resultados bem fundamentados de trabalhos experimentais laboratoriais, de campo e de revisão de literatura realizados por diversos professores, pesquisadores, graduandos e pós-graduandos. A produção científica no campo do Meio Ambiente, Sustentabilidade e da Biotecnologia é ampla, complexa e interdisciplinar.

Portanto, o resultado dessa experiência, que se traduz nos dois volumes organizados, envolve a temática ambiental, explorando múltiplos assuntos inerentes as áreas da Sustentabilidade, Meio Ambiente, Biotecnologia e Educação Ambiental. Esperamos que essa coletânea possa se mostrar como uma possibilidade discursiva para novas pesquisas



e novos olhares sobre os objetos das Ciências ambientais, contribuindo, por finalidade, para uma ampliação do conhecimento em diversos níveis.

Agradecemos aos autores pelas contribuições que tornaram essa edição possível, bem como, a Atena Editora, a qual apresenta um papel imprescindível na divulgação científica dos estudos produzidos, os quais são de acesso livre e gratuito, contribuindo assim com a difusão do conhecimento. Assim, convidamos os leitores para desfrutarem as produções da coletânea. Tenham uma ótima leitura!

Danyelle Andrade Mota  
Clécio Danilo Dias da Silva  
Lays Carvalho de Almeida  
Milson dos Santos Barbosa

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **CATEGORIZAÇÃO DE UNIDADES HIDROLÓGICAS POR MUNICÍPIO**

Renata Cristina Araújo Costa

Marcelo Zanata

Anildo Monteiro Caldas

Flávia Mazzer Rodrigues

Teresa Cristina Tarlé Pissarra


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121121>

### **CAPÍTULO 2..... 11**

#### **CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO ALTO CURSO DO CÓRREGO TRÊS MARCOS EM UBERLÂNDIA-MG E A PERCEPÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS**

Hérica Leonel de Paula Ramos Oliveira

Jorge Luís Silva Brito

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121122>

### **CAPÍTULO 3..... 29**


#### **DETERMINAÇÃO DE ZINCO E CHUMBO NO SEDIMENTO E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DA BACIA ARROIO MOREIRA/FRAGATA**

Lidiane Schmalfluss Valadão

Beatriz Regina Pedrotti Fabião

Jocelito Saccol de Sá

Pedro José Sanches Filho


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121123>

### **CAPÍTULO 4..... 42**

#### **OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA CARCINICULTURA: TRANSFORMAÇÕES NAS FORMAS DE ACESSO À ÁGUA NO DISTRITO DE SÃO JOSÉ DO LAGAMAR NO MUNICÍPIO DE JAGUARUANA/CE**

Evilene Oliveira Barreto

João César Abreu de Oliveira Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121124>


### **CAPÍTULO 5..... 52**

#### **ENSAIO DE VIBRIO FISCHERI NO APOIO À DECISÃO PARA O GERENCIAMENTO DE ÁGUA PRODUZIDA, NO LICENCIAMENTO OFFSHORE NO BRASIL**

Paula Cristina Silva dos Santos

Mischelle Paiva dos Santos

Luiz Augusto de Oliveira Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121125>


### **CAPÍTULO 6..... 63**

#### **O USO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO**

## AMBIENTAL E TOMADAS DE DECISÃO NAS ORGANIZAÇÕES

Marcelo Real Prado

Paulo Daniel Batista de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121126>

### **CAPÍTULO 7..... 73**

#### COOPERAÇÃO GLOBAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DA TEORIA DOS JOGOS

Erika Mayumi Ogawa

Cristiane Gomes Barreto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121127>


### **CAPÍTULO 8..... 83**

#### TERRA INDÍGENA ARARIBOIA: APONTAMENTOS SOBRE AS DINÂMICAS SOCIOPRODUTIVAS E TERRITORIAIS

Cleudson Pereira Marinho

Maria Nasaret Machado Moraes Segunda

Witemberg Gomes Zaparoli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121128>


### **CAPÍTULO 9..... 97**

#### PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE AÇÕES PARA MELHOR GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE PATROCÍNIO, MINAS GERAIS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Valdinei de Oliveira Santos

José Domingos de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121129>

### **CAPÍTULO 10..... 110**


#### SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA (Ag) E INCORPORAÇÃO NO FARELO DA CASCA DO PINHÃO

Ana Carla Thomassewski

Adriano Gonçalves Viana

Adrielle Cristina dos Reis

Tamires Aparecida Batista de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211210>

### **CAPÍTULO 11..... 121**

#### ANÁLISE DO POTENCIAL DE DESENVOLVIMENTO DE FIBRAS TÊXTEIS A PARTIR DE AMIDO DE MILHO, REFORÇADAS COM RESÍDUOS DE ALGODÃO

Aline Heloísa Rauh Harbs Konell

Keyla Cristina Bicalho

Ana Paula Serafini Immich Boemo

Francisco Claudivan da Silva

Catia Rosana Lange de Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211211>

**CAPÍTULO 12..... 129**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOENERGIA POR BIODIGESTOR NA REGIÃO DE RIO VERDE – GO**


Ananda Ferreira de Oliveira  
Amanda Angélica Rodrigues Paniago  
Moacir Fernando Cordeiro  
Daniely Karen Matias Alves  
Laís Alves Soares  
Rannaiany Teixeira Manso  
Thalis Humberto Tiago  
João Areis Ferreira Barbosa Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211212>

**CAPÍTULO 13..... 137**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM CERÂMICAS E A REDUÇÃO DO USO DE LENHA DA CAATINGA**

Magda Marinho Braga  
Mônica Carvalho Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211213>

**CAPÍTULO 14..... 147**

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DURANTE EPISÓDIOS CRÍTICOS DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE/RS**

Amaranta Sant'ana Nodari  
Claudinéia Brazil Saldanha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211214>

**CAPÍTULO 15..... 164**

**EQUIPAMENTOS GERADORES DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E OS SEUS RESÍDUOS**


José Luiz Romero de Brito  
Mario Roberto dos Santos  
Fabio Ytoshi Shibao

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211215>

**CAPÍTULO 16..... 180**

**BANCOS DE GERMOPLASMA COMO RECURSO DE PRESERVAÇÃO FLORÍSTICA NO RIO GRANDE DO SUL**

Claudia Toniazzo  
Sandra Patussi Brammer


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211216>

**CAPÍTULO 17..... 192**

**INTERAÇÃO ENTRE FUNGOS MICORRÍZICOS E BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS NO CRESCIMENTO DAS PLANTAS E NA CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS**

Dalvana de Sousa Pereira  
Flávia Romam da Costa Souza


Ligiane Aparecida Florentino  
Franciele Conceição Miranda de Souza  
Adauton Vilela Rezende

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211217>

**CAPÍTULO 18..... 208**

**UTILIZAÇÃO DA PRÓPOLIS NO CONTROLE DE FITOPATÓGENOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Carize da Cruz Mercês  
Vanessa Santos Louzado Neves  
Cerilene Santiago Machado  
Clara Freitas Cordeiro  
Leilane Silveira D'Ávila  
Geni da Silva Sodré

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211218>

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 221**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 223**



## INTERAÇÃO ENTRE FUNGOS MICORRÍZICOS E BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS NO CRESCIMENTO DAS PLANTAS E NA CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS

Data de aceite: 01/12/2021

Data de submissão: 08/11/2021

### Dalvana de Sousa Pereira

Universidade José do Rosário Vellano  
Alfenas, Minas Gerais  
<https://orcid.org/0000-0002-7996-638X>

### Flávia Romam da Costa Souza

Universidade José do Rosário Vellano  
Alfenas, Minas Gerais  
<https://orcid.org/0000-0003-0482-822X>

### Ligiane Aparecida Florentino

Universidade José do Rosário Vellano  
Alfenas, Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/3699622468467325>

### Franciele Conceição Miranda de Souza

Universidade José do Rosário Vellano  
Alfenas, Minas Gerais  
<https://orcid.org/0000-0002-3010-1254>

### Adauton Vilela Rezende

Universidade José do Rosário Vellano  
Alfenas, Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/8772511485766191>

**RESUMO:** Diante da perspectiva de crescimento populacional a demanda alimentar aumentará exponencialmente, entretanto há entraves para aumento da produção agrícola no Brasil devido as enormes faixas de terras improdutivas. A reestruturação e adaptação dessas áreas é primordial, contudo, deve garantir a produtividade de forma sustentável

e resiliente. A microbiota do solo é diversa, contudo, os fungos e as bactérias são os principais microrganismos que metabolizam os principais serviços ecossistêmicos, entretanto a biodiversidade destes se altera frente às várias condições físicas, químicas e biológicas do solo. Os fungos micorrízicos arbusculares FMAs são biotróficos obrigatórios que estabelecem associações mutualísticas com as raízes das plantas desenvolvendo estruturas intracelulares e extracelulares que absorvem água, nutrientes e agregam as partículas do solo. As bactérias fixadoras de  $N_2$  ou diazotróficas estabelecem simbioses, ou se associam facultativamente as plantas, contribuindo para crescimento vegetativo pela fixação biológica de nitrogênio (FBN), como em diversos mecanismos como produção de fitohormônios e solubilização de fosfatos inorgânicos. Estudos relatam que a interação entre os microrganismos, favorece processos de germinação dos esporos de FMA, maior exsudação de nutrientes pela planta, intensificando o crescimento bacteriano, aumento na absorção de nutrientes entre outros processos na incrementação do desenvolvimento vegetativo. Dessa forma apresentando a importância desses microrganismos contribui para a inserção de manejos sustentáveis na recuperação de áreas para aumento da produção mundial.

**PALAVRAS - CHAVE:** Agricultura sustentável, interação tripartite, microrganismos, nitrogênio, fósforo.

## INTERACTION BETWEEN MYCORRHIZAL FUNGI AND DIAZOTROPHIC BACTERIA ON PLANT GROWTH AND SOIL CHARACTERIZATION

**ABSTRACT:** Given the perspective of population growth, food demand will increase exponentially, however there are obstacles to increasing agricultural production in Brazil due to the huge swaths of unproductive land. The restructuring and adaptation of these areas is paramount, but it must ensure productivity in a sustainable and resilient way. The soil microbiota is diverse, but fungi and bacteria are the main microorganisms that metabolize the main ecosystem services. However, their biodiversity changes according to the various physical, chemical and biological conditions of the soil. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMFs) are obligate biotrophs that establish mutualistic associations with plant roots by developing intracellular and extracellular structures that absorb water, nutrients, and aggregate soil particles. N<sub>2</sub>-fixing bacteria or diazotrophs establish symbioses, or associate facultatively with plants, contributing to vegetative growth by biological nitrogen fixation (BNF), as in several mechanisms such as production of phytohormones and solubilization of inorganic phosphates. Studies have reported that the interaction between microorganisms favors processes of germination of AMF spores, greater exudation of nutrients by the plant, intensifying bacterial growth, increased nutrient uptake among other processes in the increment of vegetative development. Thus, presenting the importance of these microorganisms contributes to the insertion of sustainable management in the recovery of areas to increase world production.

**KEYWORDS:** Sustainable agriculture, tripartite interaction, microorganisms, nitrogen, phosphorus.

### 1 | INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a demanda alimentar acelerada, aumenta a pressão sobre os recursos manejados na agricultura tradicional, entretanto para suprir a demanda alimentar as enormes faixas de terra degradadas no Brasil devem ser reestruturadas (DIAS-FILHO, 2014, MAPBIOMAS, 2021).

De acordo com Chaer et al., (2011), a inserção de manejos baseados na agricultura sustentável assegura a resiliência do ambiente oligotrófico. A biodiversidade de microrganismos está presente em todos os ecossistemas terrestre, contudo é no sistema heterogêneo do solo que exercem alta diversidade e atividade biológica detendo nesse sistema a maior heterogeneidade por grama de solo (MARTINY et al., 2006; NACKE et al., 2011) garantindo serviços ecossistêmicos essenciais para as plantas e o solo (CORDOVEZ et al., 2019) mantendo a capacidade de resiliência do ecossistema devido alta taxa de redundância dos microrganismos (MOREIRA, SIQUEIRA, 2006).

Dentre essa alta diversidade os microrganismos que mais se destacam são fungos e as bactérias. Os fungos são as espécies mais abundantes dos ecossistemas terrestres em associações mutualísticas com uma vasta diversidade de plantas (STÜRMER, SIQUEIRA, 2013; LIU et al., 2014; WU et al., 2016) e as bactérias representam dois dos três domínios filogenéticos: Archaea e Bacteria com alta taxa de diversidade e funções em diversos

serviços ecossistêmicos.

## 2 | RIZOSFERRA

A rizosfera é a “interface da raiz da planta” onde ocorre a liberação de compostos de carbono (Hiltner, 1904). Denominadas de ‘hot spots’ as regiões rizosféricas têm como base a matéria orgânica e partículas de solo aderidas às raízes, influenciada pela exsudação de compostos e microrganismos especializados, estabelecendo interações metabólicas constantes (KONOPKA, 2009; TURNER, JAMES, POOLE 2013; CARDOSO, ANDREOTE, 2016) atuando na regulação dos processos biogeoquímicos diretamente atrelado a qualidade estrutural do solo (SHTANGEEVA et al., 2019; ZHENG et al., 2019) com alto incremento em simbiose tripartite.

De acordo com Haichar (2014) a composição dos exsudatos radiculares é diversa podendo apresentar substâncias nutritivas, antimicrobianas e sinalizantes estimulando a colonização dos microrganismos (HUANG et al., 2014; YORK et al., 2016), influenciada pelo genótipo e estágio vegetativo das plantas, contudo fatores bióticos externos estão diretamente relacionados à quantidade e qualidade dos exsudatos radiculares atribuídos ao efeito seletivo da rizosfera ( RAVINDRAN, YANG, 2015) e a capacidade de metabolização de diferentes fontes de carbono pelos microrganismos (MARSCHNER et al., 2004).

Na diversidade microbiana a especificidade é observada nos estádios de desenvolvimento da planta e nas práticas de manejo adotadas e alterações bióticas e abióticas no ambiente (WALLIS et al., 2010; CHAPARRO et al., 2014). Na colonização fúngica as diferentes respostas das plantas a simbiose são correlacionadas à diversidade funcional da interação FMA-planta-condições ambientais (OEHL et al., 2011; FOLLI-PEREIRA et al., 2012; AJEESH et al., 2015).

## 3 | FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Micorriza são associações mutualísticas entre fungos e raízes em cerca de 80% de espécies de plantas por ramificação hifálica (TRAPPE, 1987; VAN HEIDJEN et al., 2015) influenciando no desenvolvimento de outros microrganismos (ARTURSSON et al., 2006; BONFANTE, ANCA, 2009). A ocorrência generalizada estabeleceu alto grau de compatibilidade genética e funcional, evoluindo de biotróficos facultativos e obrigatórios de colonizações rizosféricas para colonizações inter e intracelulares em associações mutualistas nutricionais (MOREIRA, SIQUEIRA, 2006; BERBARA et al., 2006; SOUZA et al., 2010).

A colonização fúngica caracteriza-se em formação de estruturas típicas simbióticas altamente ramificadas caracterizada de arbúsculos, que estabelecem a troca bidirecional de metabólitos e nutrientes (MOREIRA, SIQUEIRA, 2006; LAMBAIS, RAMOS, 2010). Nas famílias mais dispersas de fungos Acaulosperaceae e Glomeraceae há formações

de estruturas globosas alongadas internas no córtex, denominadas vesículas, hifas com dilatações terminais compostas de reserva com grânulos de glicogênio e lipídios (STÜRMER, SIQUEIRA, 2013; TAIZ, ZAGER, 2017).

Nas associações mutualísticas ocorre a absorção de nutrientes inorgânicos como o fósforo (P), cobre (Cu), magnésio (Mg), zinco (Zn) além da produção de antibióticos inibidores da ação de fitopatógenos (MOSSE, 1981; BERBARA et al., 2006; SMITH, READ 2008; ROZPADEK et al., 2016; ZHANG et al., 2019) acúmulo de osmoprotetores, elevação da produção de enzimas antioxidantes (MATHUR et al., 2019; AL-ARJANI et al., 2020) e da glicoproteína glomalina que auxilia na formação e estabilização dos agregados do solo (LEHMANN et al., 2017).

Em áreas de alto impacto antrópico como estresse hídrico, salinidade, toxicidade, baixa fertilidade, erosão e condições adversas de pH do solo a colonização radicular dos micélios fúngicos reduzem o impacto, auxiliando no desenvolvimento e sobrevivência das plantas (CHEN et al., 2017; SALAM et al., 2017).

As práticas de manejo utilizadas em sistema de manejo convencional e plantio direto estão diretamente interligadas na diversidade e atividade das comunidades microbianas (CARNEIRO et al., 2019). De acordo com Angelini et al., (2012) às técnicas de cultivo, atuam como agente seletivo de espécies de FMAs, com taxa de redução de espécies em sistemas de preparo convencional, entretanto o manejo do solo é fator preponderante no estabelecimento da população e diversidade de FMAs.

#### **4 | MICORRIZAS ARBUSCULARES NA ABSORÇÃO DE NUTRIENTES**

A associação mutualística é decorrente de alterações morfológicas e fisiológicas na expressão genética da planta hospedeira e do fungo, na estrutura do fluxo bidirecional de nutrientes advém da intensa diferenciação celular, obrigatório para o fungo e facultativo para a planta, na absorção de fósforo e outros nutrientes do solo (REQUENA et al., 2003; HOU et al., 2021). Sendo suprido de carboidratos pela planta hospedeira via exsudados dos produtos fotossintéticos (BERBARA et al., 2006).

É uma interação direta com as raízes aumentando o volume da área explorada do sistema radicular pelo micélio extrarradicular (RAMOS et al., 2011). As características morfológicas das raízes não colonizadas são limitadas na absorção dos nutrientes quando comparado as raízes de plantas colonizadas. A concentração do nutriente nas raízes micorrizadas apresentam uma maior concentração quando comparada a plantas não micorrizadas em solos de baixa disponibilidade (STRIBLEY, et al., 1980; TAWARAYA et al., 2012; WATTS-WILLIAMS, 2015, VIEIRA et al., 2021).

A expansão radicular fornece ganhos para as plantas principalmente com a absorção do macronutriente fósforo (P) reduzindo o aporte de adubação fosfatada e favorecendo o aumento da expansão área foliar, da taxa fotossintética, teor de proteína

bruta e conseqüentemente aumento da composição bromatológica da planta hospedeira (LIMA et al., 2015).

Segundo Smith e Read (2008), em decorrência da absorção de fósforo (P) observa-se também maior absorção de micronutrientes como zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e nitrogênio (N). O nitrogênio inorgânico absorvido pelo fungo, é acumulado entre os espaços extra e intracelular nas células do córtex (JOLICOEUR et al., 2002). Entretanto, o incremento na absorção pode ser maior quando em interação com bactérias fixadoras de nitrogênio (CRUZ, MARTINS, 1997.; LOPES et al., 2019).

## 5 | FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

As bactérias fixadoras de  $N_2$  ou diazotróficas são microrganismos procariotos de alta diversidade morfológica, fisiológica, genética e filogenética, em associações endofíticas obrigatórias, facultativos e organismos rizosféricos, que utilizam a enzima nitrogenase responsável para redução do  $N_2$  para  $NH_3$  (amônia) (DOBBELAERE et al., 2002; MOREIRA et al., 2013) sendo um mecanismo eficiente para o suprimento parcial ou total de nitrogênio para a planta com aumento da taxa de proteína para gramíneas (MIA, SHAMSUDDIN, 2010; SUTER et al., 2015).

Nas gramíneas a contribuição é assimbiótica nos tecidos vegetais, entretanto não é tão significativa como a simbiótica na conversão de nitrogênio para as plantas (SALA et al., 2007; ANDREOTE et al., 2014), visto que bactérias associativas não excretam N total para as plantas (HUNGRIA, 2011). Nas gramíneas a bactéria associativa *Azospirillum* spp., diazotrófica rizosférica coloniza zonas de alongação e pelos radiculares, exercendo processos como a síntese de fitohormônios, solubilização de fosfato inorgânico, aumento da taxa de germinação e desenvolvimento inicial (VERMA et al., 2001.; FLORENTINO et al., 2017.; TERRA et al., 2019).

Diversos estudos relatam que a inoculação de bactérias diazotróficas em gramíneas garante resultados positivos na produção sustentável de forrageiras de alta exigência e produtividade como *Panicum maximum* cv. Mombaça (SILVA et al., 2019) *Urochloa brizantha* (sinonímia *Brachiaria*) e *Urochloa ruziziensis* (HUNGRIA et al., 2016), aumento do teor proteico (DIAS et al., 2019), contudo a adubação ainda é parcial.

## 6 | INTERAÇÕES

De acordo com Novais et al., (2020), a superfície extra radicular das hifas fúngicas, estabelece-se como uma área de importante interação com os microrganismos do solo. Os microrganismos microbianos saprófitos e os simbiontes exercem interações diretas com os FMAs, contudo as interações podem se estabelecer como fitopatogênicas neutras ou benéficas para ambos (BAREA et al., 2002).

As bactérias e os fungos exercem interações em níveis distintos, de endobactérias



no citoplasma a interação mais direta (BONFANTE, DESIRÓ, 2017). De acordo com Sturz e Novak, (2000), as interações entre os microrganismos ocorre na colonização de tecidos do sistema radicular. Estimulando a germinação de esporos fúngicos, crescimento das hifas, aumento da distribuição e sobrevivência dos micélios (SOUZA et al., 2006). Diversos relatos na literatura sobre efeitos benéficos da associação tripartite bactéria-planta-fungo são mencionados conforme tabela 1.

Bactéria	Fungo	Interação	Cultura	Referência
<i>Rhizobium</i>	<i>Gigaspora calospora</i>	↑ crescimento radicular, ↑ absorção de P e N	<i>Pisum sativum</i>	Champawat 1990
<i>Acetobacter diazotrophicus</i>	<i>Glomus clarum</i>	↑ esporos intraradicular, ↑ colonização aérea	<i>Ipomoea batatas</i> , <i>Saccharum officinarum</i> L., <i>Sorghum bicolor</i> L.	Paula et al., 1991
<i>Bacillus sp. estirpe BH-II</i>	<i>Glomus mosseae</i>	↑ agregação das partículas solo.	<i>Pisum sativum</i> L.	Andrade et al., 1995
<i>Bacillus sp. estirpe BH-III</i>	<i>Glomus mosseae</i>	↑ agregados estáveis do solo	<i>Pisum sativum</i> L.	Bethlenfalvay et al., 1997
<i>Klebsiella</i> e <i>A. lipoferum</i>	<i>Glomus clarum</i>	↑ crescimento vegetativo, ↑ absorção de P e N, ↑ colonização micorrizica e esporulação	<i>Manihot esculenta</i>	Balota et al., 1997
Inoculante Br 5401/Br 5412	<i>G. macrocarpum</i> , <i>G. etunicatum</i> e <i>Entrophospora colombiana</i>	↑ absorção de N	<i>Eucalyptus grandis</i> consorciado com <i>Sesbania virgata</i>	Rodrigues et al., 2003
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Glomus mosseae</i>	↑ vegetativo, ↑ absorção de P.	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. cv. <i>Guadalete</i>	Gamalero, et al., 2004
<i>Achromobacter insolitus</i> , <i>Zooglia ramigera</i>	<i>Glomus sp.</i> , <i>Acaulospora sp.</i>	↑ sinergismo	<i>Triticum durum</i> L.	Sala et al., 2007
<i>Methylobacterium sp.</i> , <i>Burkholderia sp.</i> , <i>Sphingomonas</i>	<i>Glomus clarum</i>	↑ população bacteriana	<i>Oryza Sativa</i>	Raimam et al., 2007
<i>Arthrobacter</i> , <i>Pseudomonas</i>	<i>G. intraradices</i> , <i>Acaulospora tuberculata</i> , <i>Gigaspora gigantea</i> , <i>G. fasciculatum</i> , <i>Acaulospora laevis</i>	↑ inibição de fitopatógenos, ↑ produção de sideróforos	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Bharadwaj et al., 2008
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>		↑ peso da semente por planta	Soja JS 335, JS 71-05, NRC 2 e NRC 7	Meghvansi et al., 2008
<i>Azotobacter chroococcum</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Glomus clarum</i>	↑ colonização de FMA, ↑ absorção de P, ↑ germinação de esporos.	<i>Sesamum indicum</i> L.	Sabannavar, et al., 2008
<i>A. lipoferum</i> -A. amazonense e <i>Burkholderia sp.</i>	<i>Glomus mosseae</i>	↑ colonização bacteriana- UFC	<i>Zea mays</i>	Miyuchi et al., 2008
<i>Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli</i> bacteria	<i>Glomus etunicatum</i>	↑ suprimento da demanda de carbono.	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Mortimer, et al., 2009
<i>Mesorhizobium mediterraneum</i>	<i>Glomus mosseae</i> , <i>Glomus claroidesum</i>	↑ extensão de colonização, ↑ concentração de P e N, ↑ concentração de prolina	<i>Lathyrus sativus</i>	Jin et al., 2010
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Glomus mosseae</i>	↑ níveis de P, ↑ de citocinina.	Tobacco	Cosme, Wurts., 2013
<i>Agrobacterium pusense</i> , <i>Neorhizobium huatufense</i>	<i>Rhizopagus irregularis</i>	↑ massa de nódulos, ↑ atividade da nitrogenase e conteúdo de leghemoglobina. sinergia entre <i>Glomus</i> + <i>Agrobacterium</i> no alívio ao stress salino.	<i>Sesbania canabina</i>	Ren et al., 2016
<i>Ensifer meliloti</i> Rm1021	<i>Rhizopagus irregularis</i>	↑ efeito sinérgico em 10% dos genes expressos, incluindo genes de metabolismo de nutrientes.	<i>Medicago truncatula</i>	Afkami, Stinchcombe 2016
<i>Mesorhizobium mediterraneum</i>	<i>Rhizopagus irregularis</i>	↑ da tolerância, ↑ da proteína nos grãos	<i>Cicer arietinum</i> L.	Oliveira et al., 2017
<i>Pseudomonas putida</i> KT2440	<i>Rhizopagus irregularis</i>	↑ colonização	<i>Triticum Mercato</i> cv. <i>Medicago truncatula</i>	Pérez-de-luque et al., 2017
<i>Ensifer meliloti</i>	<i>Rhizopagus irregularis</i>	↑ efeito sinérgico de crescimento, ↑ absorção de P e N.		Kafle, et al., 2018
<i>Funneliformis geosporum</i>	<i>Funneliformis geosporum</i>	↑ crescimento, ↑ produção de flores e frutos, ↑ conteúdo de nutrientes.	<i>Capsicum chinense</i>	Surendrakumar, Pandey e Muthukumar, 2019
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Glomus mosseae</i>	↑ crescimento vegetativo, ↑ absorção de nutrientes.	<i>Sesamum indicum</i> L.	Yadav, et al., 2021

Tabela 1. Exemplos de interações sinérgicas positivas entre bactérias e fungos micorrízicos arbusculares e plantas.

Na interação com as plantas, a simbiose tripartite favorece diretamente o estabelecimento e desenvolvimento em áreas com alto grau de degradabilidade física, química e biológica (RODRIGUES et al., 2006; BORGES et al., 2016) em áreas mais limitantes em condições não adequadas (ERGAMBERDIEVA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2017; OSSLER et al., 2018) como as de atividade de mineração e recuperação de solos com erosão severa a interação combinada entre bactérias simbióticas e fungos micorrízicos arbusculares já apresentam resultados bem sucedidos (MACEDO et al., 2008; CHAER et al., 2011). A simbiose tripartite também é fundamental para os processos da enzima nitrogenase visto que a demanda de nutrientes consumida pela enzima é alta principalmente de fósforo (P) (ARTURSSON et al., 2006; AFKHAMI et al., 2020).

A diversidade, atividade, sobrevivência, sucessão e interação entre microrganismos do solo é influenciada pelos fatores abióticos e bióticos do ambiente. Nas relações tripartites, o genótipo/espécies de plantas hospedeiras detém a capacidade de diferenciação entre microrganismos e exercer controle sobre eles, essa capacidade é um fator biótico interno

que diferencia os resultados das associações tripartites (AFKHAMI et al., 2020).

## 71 INOCULANTES E BIOESTIMULANTES

A utilização em larga escala dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) é limitada pela sua fisiologia como biotróficos obrigatórios, sendo um impasse sua aplicação em larga escala em plantios comerciais. A formononetina isoflavonóide é uma substância orgânica produzida pelas plantas que apresenta funções ecológicas e funcionais diversas e se caracterizam pela emissão de sinais moleculares na relação planta-microrganismos (SIQUEIRA et al., 1991), na estimulação do crescimento hifálico e na diferenciação de estruturas de infecção micorrízica (ECM) promovendo a colonização mais rápida (SIQUEIRA et al., 2002) crescimento e produção vegetal (SILVA-JUNIOR, SIQUEIRA, 1997), pois atua diretamente na rizosfera.

Em estudos de isolamento e identificação de micorrizas em trevo *Trifolium repens* cultivados em solos com deficiência de fósforo, Nair et al., (1991) relataram a presença de isoflavonóides caracterizados como formononetina (7-hidroxi,4'-metoxi isoflavona) e biochanina A (5,7-di-hidroxi,4'-metoxi isoflavona). Diversas pesquisas confirmaram a bioestimulação (ROMERO, SIQUEIRA, 1996; DE NOVAIS, SIQUEIRA, 2009).

Atualmente o bioestimulante sintético Myconate® Plant Health Care, Raleigh, Estados Unidos da América, composto pelo isoflavonóide formononetina, quando aplicado ao solo estimula a micorrização dos fungos micorrízicos arbusculares FMAs e as bactérias solubilizantes de fosfato (BANCELLA, 2019). Diversos estudos reportam aumento do rendimento utilizando o bioestimulante de micorrização Myconate® como tratamento de sementes (PEIXE et al., 2013; CORDEIRO et al., 2015; SALGADO et al., 2017), contudo o produto não entrou no mercado comercial brasileiro. Atualmente estudos com *Rhizophagus intraradices* (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker & A. Schüßler vêm ganhando destaque pela recente introdução no mercado brasileiro do inoculante natural de alta concentração Rootela Br®.

Stoffel (2019) avaliando inoculante a base de *Rhizophagus intraradices* nas culturas soja, feijão, algodão, milho, trigo, girassol, cana-de-açúcar, pinus e eucalipto relatou maior acúmulo de P nos tratamentos com as gramíneas cana-de-açúcar, milho, trigo e no algodão sendo as mais responsivas a inoculação. Em interação do fungo *Rhizophagus intraradices* com rizóbio em trevo-branco foi observado uma maior expansão radicular e crescimento vegetativo, detectando uma maior concentração de nitrogênio (N) na raiz quando avaliado a inoculação única (XIE et al., 2021). Os autores relataram uma cooperação dos microrganismos na indução do conteúdo, dos aminoácidos aspartato e prolina.

## REFERÊNCIAS

AFKHAM, Michelle, E.; STINCHCOMBE, Jjon R.; Multiple mutualist effects on genome wide expression in the tripartite association between *Medicago truncatula*, nitrogen-fixing bacteria and mycorrhizal fungi. **Molecular Ecology**, v.25, 19ed, p.4946-4962, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/mec.13809>

AJEESH, R.; Vikas K.; Santos, K. A.V.; Surendra, G.K. Harnessing Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) for quality seedling production. **Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences**, v.3, (6), p.22-40, 2015.

AL-ARJANI, Al-Bandari. F.; HASHEM, Abeer.; ABD-ALLAHN, Elsayed Fathi. . Arbuscular mycorrhizal fungi modulates dynamics of tolerance expression to mitigate drought stress in *Ephedra foliata* Boiss. **Saudi Journal of Biological Sciences**, 27v. 1 ed, 380-394 p, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.10.008>

ANGELINI, Guilherme Augusto Robles.; LOSS, Arcângelo, et al., Mycorrhizal colonization, spore density of arbuscular mycorrhizal fungi in Cerrado soil no-till and conventional tillage systems. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, 33v. 1 n., 115-130p, 2012.

ANDREOTE, Fernando D.; GUMIERE, Thiago.; DURRER, Ademir. (2014) Exploring interactions of plant microbiomes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 71, p.528-539. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0195>

ARTURSSON, Veronica.; FINLAY, Roger. D.; JANSSON, Janet. K. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. **Environmental Microbiology**, Oxford, v. 8, p.1-10, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2005.00942.x>

BALOTA, Elcio; LOPES, Eli, S.; HUNGRIA, Mariangela.; DOBEREINER, Johanna.; Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos-arbusculares na cultura da mandioca. **Revista Agropecuária Brasileira**. Brasília v.32, n.6 p.627-639, 1997. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4696>

BANCELLA., Myconate; (2019). Disponível em: <http://www.bancellacom/product-page/myconate>.

BAREA, José-. Miguel.; AZCÓN, Rosário.; AZCÓN-AGUÍLAR, Concepción.; Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality, **Antonie Van Leeuwenhoek**, Dordrecht, v. 81 p.343-351, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1020588701325>.

BHARADWAJ, Dharam. P.; LUNDQUIST, Per-Olof, O.; ALSTROM., S.; Arbuscular mycorrhizal fungal spore associated bacteria affect mycorrhizal colonization, plant growth and potato pathogens. **Soil Biology and Biochemistry**, 40v, 10ed, p.2492–2501, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.06.012>

BERBARA, Ricardo. L. L.; SOUZA, Francisco A.; FONSECA, Henrique. M. A. C.; Fungos micorrízicos arbusculares, muito além da nutrição. In: Fernandes, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.53-88, 2006.

BETHLENFALVAY, Gabor.; ANDRADE, G.; AZCO'N-AGRUILAR, C.; Plant and soil responses to mycorrhizal fungi and rhizobacteria in nodulated or nitrate-fertilized peas (*Pisum sativum* L.). **Biology and Fertility of soils**, v.24, p164-168, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s003740050225>

BONFANTE, Paola.; ANCA, Lulia-Andra.; Plants, mycorrhizal fungi, and bacteria: a network of interactions. **Annu. Rev. Microbiol.** 63v, p.363–83, 2009. Disponível em: doi:10.1146/annurev.micro.091208.073504

BONFANTE, Paola.; DESIRÓ, Alessandro.; Who lives in a fungus? The diversity, origins and functions of fungal endobacteria living in Mucoromycota. **ISMEJ** 11, p.1727-1735, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ismej.2017.21>.

BORGES, Lustrino Wardsson.; PRIN, Yves.; ROUX, Christine Le Roux.; FARIA, Sérgio Miana de.; Rhizobial characterization in revegetated areas after bauxite mining. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, n. 2, p. 314-321, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.01.009>

CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone.; ASSIS, Paula Camylla Ramos de Assis.; PAULINO, Helder Barbosa.; et al., Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi and nematodes in a 14 years no-tillage chronosequence. **Rhizosphere**, v.10, p.100149, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2019.100149>.

CHAER, Guilherme Montandon.; RESENDE, Alexander Silva; CAMPELLO, Eduardo Francia C. C.; et al. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, v. 31, n. 2, p. 139-149, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq116>.

CHAMPAWAT, R.S.; Effect of dual inoculation of Rhizobium and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi on *Pisum sativum*. **Folia Microbiologica**, v.35, p.236, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02820490>>

CHAPARRO, Jacqueline M.; BADRI, Dayakar V.; VIVANCO, Jorge M.; Rhizosphere microbiome assemblage is affected by plant development. **The ISME Journal**, n. 8, p. 790–803, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ismej.2013.196>

CHEN, Shuangchen.; ZHAO, Hongjiao.; ZOU, Chenchen.; LI, Yongcheng.; et al.; Combined inoculation with multiple arbuscular mycorrhizal fungi improves growth, nutrient uptake and photosynthesis in cucumber seedlings. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02516>

CORDEIRO, Meire Aparecida S; FERREIRA, Dorotéia Alves.; et al.; Mycorrhization stimulant based in Mycorrhization stimulant based in formononetin associated to fungicide and doses of Phosphorus in soybean in the cerrado. **Bioscience Journal**. v. 31, n.4, p.1062-1070. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n4a2015-26185>

CORDOVEZ, Viviane.; DINI-ANDREOTE, Francisco.; CARRIÓN, Victor J.; et al., Ecology and evolution of plant microbiomes. **Annual Review Microbiology**, 73v, p.69-88, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-micro-090817-062524>.

COSME, Marcos.; WURST, Susanne.; Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi, rhizobacteria, soil phosphorus and plant cytokinin deficiency change the roots morphology, yield and quality of tobacco. **Soil Biology and Biochemistry**, 57v, 436-443p, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.09.024>

CRUZ, André Freire.; MARTINS, Marco Antonio.; Transfer of nitrogen between, plants interconnected by arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, (4), 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06831997000400005>.

DE NOVAIS, Cândido Barreto.; SIQUEIRA, José Olwaldo.; Aplicação de formononetina na colonização e esporulação de fungos micorrízicos em braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44. 5 ed, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000500009>.

DIAS, Márcio de Souza; FLORENTINO, Ligiane Aparecida.; RABÊLO, Flavio Henrique Silveira et al.; Morphological, productive and chemical traits of Xaraés Grass: Nitrogen topdressing versus inoculation with diazotrophic bacteria. **Ciência Animal Brasileira** 20 v. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1089-6891v20e-38586>.

DOBBELAERE, Sofie.; CROONENBORGH, Anja.; THYS, Amber.; et al.; Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.36, p. 284-297, 2002. Disponível em: <https://10.1007/s00374-002-0534-9>

FOLLI-PEREIRA, Muriel da Silva.; MEIRA-HADDAD., Lydice Sant'Anna; et al., Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 36, n. 6, p.1663-1679. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000600001>.

FLORENTINO, Ligiane Aparecida.; REZENDE, Adauton Vilela.; MIRANDA, Cassia Cristina B.; MESQUITA, Aline Carvalho, et al., Potassium solubilization in phonolite rock by diazotrophic bacteria. **Communicata Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 17-23, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/cs.v8i1.1292>.

GAMALERO, Elisa.; TROTTA, Antonio.; MASSA, Nadia.; COPPETTA, Andrea. et al., Impact of two fluorescent pseudomonads and an arbuscular mycorrhizal fungus on tomato plant growth, root architecture and P acquisition. *Mycorrhiza* 14, 185–192, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00572-003-0256-3>

HAICHAR, Feth el Zahar.; SANTAELLA, Catherine.; HEULIN, Thierry, et al., Roots exudates mediated interactions belowground. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 77, p. 69-80, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.06.017>

HILTNER, L.; (1904); Über neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiet der Boden Bakteriologie und unter besonderer Berücksichtigung der Gründüngung und Broche. **Arbeit. Deut. Landw. Ges.** Berlin 98, p.59-78, 1904.

HUANG, Xing-Feng.; CHAPARRO, Jacqueline M.; REARDON, Kenneth F.; et al., Rhizosphere interactions: root exudates, microbes, and microbial communities. **Botany**, v. 92, p. 267–275, 2014. Disponível em: <https://10.1139/cjb-2013-0225>

HUNGRIA, Mariângela.; Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento em baixo custo. Londrina [EMBRAPA SOJA], **Documentos**, 38p, 2011.

HUNGRIA, Mariângela.; NOGUEIRA, Marco Antonio.; Araujo, Ricardo Silva. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 221v., 1n, p.125-131, 2016. Disponível em: [doi:10.1016/j.agee.2016.01.024](https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.024).

HOU, Liyuan.; ZHANG, Xiaofei.; FENG, GU., et al.; Arbuscular mycorrhizal enhancement of phosphorus uptake and yields of maize under high planting density in the black soil region of China. **Scientific Reports**, v. 11, 1100, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80074-x>.



JIN, Liang., SUN, Xiangwei., WANG, Xiaojuan, et al. Synergistic interactions of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia promoted the growth of *Lathyrus sativus* under sulphate salt stress. **Symbiosis** 50v, p.157–164, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13199-010-0058-2>

JÚNIOR, Joel, Q.O.; JESUS, E.C.; LISBOA, F.J.; BERBARA, Luis, L.; FARIA, S.M.; Nitrogen-fixing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr. **Brazilian Journal of Microbiology**, 48v, 1 ed, p. 95-100, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.10.013>

KAFLE, Arjun.; GARCIA, Kevin, WANG, Xiurong, PFEFFER, Philip et al., Nutrient demand and fungal access to resources control the carbon allocation to the symbiotic partners in tripartite interactions of *Medicago truncatula*. **Plant, Cell & Environment**, 42v, 1 ed, p270-284. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/pce.13359>

KONOPKA, Allan.; What is microbial community ecology? **The ISME Journal**, v.3, 1223-1230p, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ismej.2009.88>

LAMBAIS, Márcio Rodrigues.; RAMOS, A. C.Sinalização e transdução de sinais em micorrizas arbusculares. In: SIQUEIRA, José Oswaldo.; SOUZA, Francisco Adriano de; CARDOSO, Elke Jurandy B. N.; TSAI, Siu. Miu. **Micorriza: 30 anos de pesquisa no Brasil**, p.119 – 126, 2010.

LEHMANN, Anika.; LEIFHEIT, Eva Friederike.; RILLIG, MATTHIAS, C.; Mycorrhizas and soil aggregation. **Mediation of Soil**, 14 chapter, v. 1, n. 1, p. 241 – 262. Disponível em: DOI: 10.1016/B978-0-12-804312-7.00014-0

LIMA, Késsia, Barreto.; NETTO, Andréia Francisca Riter.; et al.Crescimento, acúmulo de nutrientes e fenóis totais de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) inoculadas com fungos micorrízicos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 853 – 862, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509820583>

LIU, Airong; CHEN, Shuangchen.; CHANG, Rui.; LIU, DILIN, et al.Arbuscular mycorrhizae improve low temperature tolerance in cucumber via alterations in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> accumulation and ATPase activity. **Journal Plant Research**, v.127, p. 775–785, 2014 Disponível em:<https://doi.org/10.1007/s10265-014-0657-8>

LOPES, Esmeralda Aparecida P. L.; SILVA, Almir Dias A.; MERGULHÃO, Adália Cavalcanti E.S.; et al.Co-Inoculation of growth promoting bacteria and *Glomus clarum* in micropropagated Cassava plants. **Revista Caatinga**. v. 32, n. 01, p 152 – 166, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n116rc>

LUMINI, Erica.; BIANCIOTTO,Valeria.; JARGEAT, Patricia.; et al., Pre-Symbiotic growth and spore morphology are affected in the arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita* cured of its endobacteria. **Cell Microbiology**, v.9 (7), p.1716–1729, 2007. Disponível em: <https://10.1111/j.1462-5822.2007.00907.x>.

MACEDO, M. O.; RESENDE, A.S.; GARCIA, P.C.; BODDEY, R.M.; et al., .Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 5–6, p. 1516 – 1524. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.11.007>

MARCHNER, Petra, CROWLEY, David.; YANG, Ching Hong.; Development of specific rhizosphere bacterial communities in relation to plant species, nutrition and soil type. **Plant and Soil**, v. 261, p.199 – 200, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000035569.80747.c5>

MARTINY, Jennifer B.H.; BOHANNAN, Brendan J.M.; BROWN, James, H.; et al. Microbial biogeography: putting microorganisms on the map. **Nature Reviews Microbiology**, v.4, 2ed. p. 102-12, 2006. Disponível em: <https://10.1038/nrmicro1341>

MATHUR, Sonal.; TOMAR, Rupal Singh.; JAJOO, Anjana.; Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) protects photosynthetic apparatus of wheat under drought stress. **Photosynthesis Research**, 139(3), 227-238, 2019. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s11120-018-0538-4>.

MEGHVANSI, Mukesh, k.; PRASAD, K.; HARWANI, D.; MAHNA, S.K.; Response of soybean cultivars toward inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi and Bradyrhizobium japonicum in the alluvial soil. **European Journal of Soil Biology**, 44v, 3ed, p.316-323, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2008.03.003>

MIYAUCHI, Marina, Y.H.; LIMA, Dáfila, S.; NOGUEIRA, M.A.; et al., Interactions between diazotrophic bacteria and mycorrhizal fungus in maize genotypes. **Science Agricola**, 65v, n.5, p.525-531, 2008.

MOREIRA, Fatima Maria de S.; CARES, Juvenil, E.; ZANETTI, Ronald.; STURMER, Sidney, L; Bactérias associativas fixadoras de nitrogênio atmosférico.O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. In: Moreira FMS, Cares JE, Zanetti R and Stürmer SL (Eds), **O Ecossistema Solo: Componentes, Relações Ecológicas e Efeitos na Produção Vegetal**. Lavras: Editora UFLA, p.212-224, 2013.

MOREIRA, Fatima Maria de Souza.; SIQUEIRA, José Oswaldo; **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2º ed. Editora Lavras, 2006.

MORTIMER, Peter. E; PEREZ-FERNÁNDEZ, María. A; VALENTINE, Alex, J. Arbuscular mycorrhizae affect the N and C economy of nodulated *Phaseolus vulgaris* (L.) during NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nutrition. **Soil Biology and Biochemistry**, 41v, 10ed, p.2115-2121, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.07.021>

MOSSE, Barbara.; Vesicular-arbuscular mycorrhizae research for tropical agriculture. Hawaii: Institute of Tropical Agriculture and Human Resources; **College of Tropical Agriculture and Human Resources**, 82 p, 1981.

NACKE, Heiko.; WILL, Christiane.; HERZOG, Sarah, et al., Identification of novel lipolytic genes and gene families by screening of metagenomic libraries derived from soil samples of the German Biodiversity Exploratories. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 78, p. 188-201, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2011.01088.x>.

NAIR, Muraleedharan, G.; SAFIR, Gene, R.; SIQUEIRA, José Oswaldo. Isolation and Identification of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza-Stimulatory Compounds from Clover (*Trifolium repens*) Roots. **Appl Environmental Microbiology**. v.57(2), p. 434-439, 1991. Disponível em: <https://10.1128/aem.57.2.434-439.1991>

OEHL, Fritz.; SIEVERDING, Ewald., PALENZUELA, Jiménez., et al., Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. **IMA Fungus**, v. 2, p. 191-199, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.5598/ima fungus.2011.02.02.10>.

OLIVEIRA, Rui, S.; CARVALHO, Patricia; MARQUES, Guilhermina.; FERREIRA, Luís.; et al., Increased protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and nitrogen-fixing bacteria underwater deficit conditions. **Journal of the Science Food and Agriculture**, 97v, 4379-4385p, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8201>.

OSSLER, Julia.; HEATH, Katy, D.; Shared genes but not shared genetic variation: Legume colonization by two below ground symbionts. **The American Naturalist**, 191v, 395-406p, 2018. Disponível em: DOI: 10.1086/695829.

PAULA, Mauro, A.; REIS, Veronica.M.; DOBEREINER, Johanna.; (2005). Interactions of *Glomus clarum* with *Acetobacter diazotrophicus* in infection of sweet potato (*Ipomoea batatas*), sugarcane (*Saccharum* spp.), and sweet sorghum (*Sorghum vulgare*). **Biology and Fertility of Soils**, v.11, p.111-115. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00336374>

PEIXE, Guilherme, Fernando.; **Efeito do estimulante de micorrização formononetina na nutrição e produtividade do milho e soja em Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de Santa Catarina, 89 p, 2013.

PÉREZ-DE-LUQUE, Alejandro, TILLE, Stefanie, JOHNSON, Irene, et al., The interactive effects of arbuscular mycorrhiza and plant growth-promoting rhizobacteria synergistically enhance host plant defenses against pathogens. **Science Reports**, 7v, p.16409, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16697-4>

RAIMAM, Milena. P.; ALBINO, U.; CRUZ, M. F.; LOVATO, Gisele. M.; SPAGO, Flávia.; FERRACIN, T. P.; et al., Interaction among free-living N-fixing bacteria isolated from *Drosera villosa* var. *villosa* and AM fungi (*Glomus clarum*) in rice (*Oryza sativa*). **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 35, p. 25-34, 2007. Disponível em: DOI:10.1016/j.apsoil.2006.05.013

RAMOS, A.C.; FAÇANHA, A.R.; PALMA, L.M.; OKOROKOV, L.A.; et al., An outlook on ion signaling and ionome of mycorrhizal symbiosis. **Brazilian Journal Plant Physiology**, 23v. (1): 79-89p, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202011000100010>

RAVINDRAM, Anita.; YANG, Shang-Shyng.; Effects of vegetation type on microbial biomass carbon and nitrogen in subalpine mountain forest soils. **Journal of Microbiology, Immunology and Infection**, v.48, 4ed, p. 362-369, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2014.02.003>.

REN, Cheng-Gang.; BAI, Yue-Jie Bai; KONG, Cun-Cui.; BIAN, Bian et al., Synergistic Interactions between salt-tolerant Rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi on salinity tolerance of Sesbania cannabina plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.35, p.1098-1107. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00344-016-9607-0>

REQUENA, Natália.; BREUNINGER, Magdalene.; FRANKEN, Philipp et al., Symbiotic status, phosphate, and sucrose regulate the expression of two plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase genes from the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. **Plant Physiology**, v.132, p.1540-1549, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.102.019042>.

RODRIGUES, Luciana, A.; BARROSO, Barroso, G.; MARTINS, Marco, A.; MENDONÇA, Andrea, Vita, R.; Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila no Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Perspectivas**, v.5, n.10, p.88-105, 2006.

- RODRIGUES, Luciana, A.; MARTINS, Marco, A.; et al.; Use of mycorrhizas and rhizobium in the intercropping system of eucalyptus and sesbania: I - Growth, uptake and transfer of nitrogen between plants. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27v, (4), 2003. Disponível <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000400002>
- ROMERO, Amalia, G.F.; SIQUEIRA, José, O; Atividade de flavonóides sobre esporos do fungo micorrízico *Gigaspora gigantea* in vitro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.7 p. 517-522, 1996.
- ROZPADEK, Piotr.; RAPALA-KOZIK, Maria.; WEZOWICZ, Kataryna.; et al. Arbuscular mycorrhiza improves yield and nutritional properties of onion (*Allium cepa*). **Plant Physiology**. Biochem. 107, p.264–272, 2016. Disponível em: <https://10.1016/j.plaphy.2016.06.006>
- SABANNAVAR, Sweta.; LAKSHMAN, H.C.; Interactions between Azotobacter, Pseudomonas and Arbuscular mycorrhizal fungi on two varieties of *Sesamum indicum* L. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.194, n.6, p470-478, 2008. Disponível em: doi: 10.1111/j.1439-037X.2008.00338.x
- SALA, Valeria, M.R.; FREITAS, Sueli, S; SILVEIRA, Adriana, P.D. Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.42 n.11, p.1593-1600, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001100011>.
- SALAM, Eslam Abdel.; ALATAR, Abdulrahman.; EL-SHEIKH, Mohamed. A.; Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi alleviates harmful effects of drought stress on damask rose. **Saudi Journal of Biological Science**, v.25, 8 ed, p.1772–1780, 2017. Disponível em: doi: 10.1016/j.sjbs.2017.10.015
- SALGADO, Fabrício, Henrique, M.; MOREIRA, Fátima, Maria de Sousa.; Siqueira, José, Oswaldo. Arbuscular mycorrhizal fungi and colonization stimulants in cotton and maize. **Ciência Rural**, v. 47, 6ed, p.1–8, 2017. Disponível em: <https://10.1590/0103-8478cr20151535>.
- SHTANGEEVA, Irina.; BUSA, Lauma.; VIKSNA, Arturs.; Carbon and nitrogen stable isotope ratios of soils and grasses as indicators of soil characteristics and biological taxa. **Applied Geochemistry**, v.104, p. 19 – 24, 2019. Disponível em: doi:10.1016/j.apgeochem.2019.03.009.
- SILVA-JUNIOR, José, Pereira; SIQUEIRA, José, Oswaldo. Aplicação de formononetina sintética ao solo como estimulante da formação de micorriza no milho e na soja. **Revista Brasileira de FisiocARRENHOSouzalogia Vegetal**, Londrina, 9 v, n. 1, p. 35-41, 1997.
- SILVA, Konrad, Passos.; SILVA, Gian, Otávio, A.; OLIVEIRA, Tayla, Évellin.; et al., Growth promotion of *Guinea grass* by diazotrophic bacteria1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 2019, v. 49, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4956732>
- SIQUEIRA, José, Oswaldo.; SOARES, C.R.F.S.; DOS SANTOS, J.G.D.; et al., Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. In: Ceretta, C.A; Silva, L.S.; Reichert, J.M. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, p.219-306, 2007.
- SMITH, Sally.; READ, David. (2008). **Mycorrhizal symbiosis**. Cambridge, UK: Academic Press.
- SOUZA, F. A. DE; STURMER, Sidney. L. Carrenho, R et al.; Classificação e taxonomia de Fungos Micorrízicos Arbusculares e sua Diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, José, Oswaldo.; SOUSA, Francisco, Adriano de.; CARDOSO, Elke Jurandy, B. N.; TSAI, Siu Mui Tsai (Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. [s.l: s.n.] - Lavras: UFLA, p. 15–74, 2010.

SUTER, M.; CONNOLLY, J; FINN, J.A; LOGES, R.; Kirwan, L.; Nitrogen yield advantage from grass-legume mixtures is robust over a wide range of legume proportions and environmental conditions. **Global Change Biology**, 21v, 6ed, p.2424-2438, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.12880>.

SURENDIRAKUMAR, Kannaiah, PANDEY, Randha, R.; MUTHUKUMAR, Thangavelu.; Influence of indigenous arbuscular mycorrhizal fungus and bacterial bioinoculants on growth and yield of Capsicum chinense cultivated in non-sterilized soil. **The Journal of Agricultural Science**, v.157, 1ed., p 31-44,2019. Disponível em: [doi:10.1017/S0021859619000261](https://doi.org/10.1017/S0021859619000261)

STRIBLEY, D. P., TINKER, P. B.; SNELGROVE, R. C.; Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the relations of plant growth, internal phosphorus concentration and soil phosphate analysis. **Journal Soil Science**, v.31, p.655–672, 1980. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1980.tb02112.x>

STURMER, Sidney, L.; SIQUEIRA, José, Oswaldo. **Fungos micorrízicos**. In: MOREIRA, Fatima Maria, S.; CARES, Juvenil, E.; ZANETTI, Ronald.; STURMER Sidney, L (eds). O Ecossistema Solo: Componentes, Relações Ecológicas e Efeitos na Produção Vegetal. Lavras: Editora UFLA, p. 289 – 310, (2013).

STURZ, A.V.; NOWAK., Jerzy. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, p.183-190, 2000. Disponível em: DOI: [10.1111/gcb.12880](https://doi.org/10.1111/gcb.12880)

TAIZ, Lincoln.; ZEIGER, Eduardo.; MOLLER, Ian, M.; MURPHY, Angus **Associações com micorrizas arbusculares e simbiose de fixação de nitrogênio envolvem rotas de sinalização** (cap. 23). Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal, v.6, p. 695.

TAWARAYA, Keitaro, HIROSE, Ryouta., WAGATSUMA, Tadao.; Inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi can substantially reduce phosphate fertilizer application to *Allium fistulosum* L. and achieve marketable yield under field condition. **Biology and Fertility of Soils** v.48, 839–843p,2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0669-2>.

TERRA, Ana, B.; SOUZA, Flavia, R.C.; REZENDE, Adauton, V et al., Physiological characterization of diazotrophic bacteria isolated from *Brachiaria brizantha* rhizosphere. **Revista Caatinga**, 32v, 3n. p.658-666, 2019. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n310rc>.

TRAPPE, J. M.; SCHENCK, N. C. Taxonomy of the fungi forming endomycorrhizae. In: SCHENCK, N. C., (Ed.). Methods and principles of mycorrhizal research. St. Paul: **The American Phytopathological Society**, 1982. p. 1-9.

TURNER Thomas. R., JAMES Euan. K., POOLE Philip. S. The plant microbiome. **Genome Biology**, v.14 (6): p.209, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/gb-2013-14-6-209>.

VERMA, Subhash. C; LADHA, Jagdish. K.; TRIPATHI, Anil. K. Evaluation of plant growth-promoting and colonization ability of endophytic diazotrophs from deep water rice. **Journal of Biotechnology**, v.91 p.127-141, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0168-1656\(01\)00333-9](https://doi.org/10.1016/s0168-1656(01)00333-9).

VIEIRA, Marlene. E.; FREITAS, Marta, S.M; PEÇANHA, Diego, A.; LIMA, Thaísa, C.; et al.; Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus in spilanthal and phenolic compounds yield in jambu plants. **Horticultura Brasileira**, 39v., (2), p.192-198, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210210>



WALLIS, P.D.; Haynes, R.J.; HUNTER, C.H; MORRIS, C.D. Effect of land use and management on soil bacterial biodiversity as measured by PCR-DGGE. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 46, p.147-150, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.06.006>>

WATTS-WILLIAMS, Stephanie J., JAKOBSEN, Iver.; CAVAGNARO, Timothy. R.; GRONLUND, M.; Local and distal effects of arbuscular mycorrhizal colonization on direct pathway Pi uptake and root growth in *Medicago truncatula*. **Journal of Experimental Botany**. 66 v, p4061–4073, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/erv202>>.

WU, Na.; Li Zhen, Wu, Fei.;Tang, Ming.; Comparative photochemistry activity and antioxidant responses in male and female *Populus cathayana* cuttings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi under salt. **Scientific Reports**.v.6, 37663p, 2016. Disponível em:<https://doi.org/10.1038/srep37663>>.

YADAV, Alpa.; SAINI, Ishan.; KAUSHIK, Prashant.; ANSARIInsari, Mushtaq.A, et al.; Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and P-solubilizing *Pseudomonas fluorescens* (ATCC-17400) on morphological traits and mineral content of sesame. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.28, 5ed, p.2649-2654,2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.03.024>>

YORK, Larry, M.; CARMINATI, Andrea.; MOONEY, Sacha. J.; RITZ, K. et al., The holistic rhizosphere: integrating zones, processes, and semantics in the soil influenced by roots. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 12, p. 3629–3643, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/erw108>>

ZHENG, Qing, YUNTAO, Hu.; ZHANG, Shascha.; NOLL, Lisa.; et al., Soil multifunctionality is affected by the soil environment and by microbial community composition and diversity. **Soil Biology and Biochemistry**, 136 v, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107521>

XIE, Miao-Miao., CHEN, Si-Min., ZOU, Ying-Ning., et al., Effects of *Rhizophagus intraradices* and *Rhizobium trifolii* on growth and N assimilation of white clover. **Plant Growth Regul** v.93, 311–318p, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10725-020-00689-y>

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Absorção atômica 29, 33

Ações antrópicas 11, 21, 25

Agricultura 10, 11, 20, 24, 30, 49, 69, 72, 138, 190, 192, 193, 208, 210, 214, 215

Água 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 101, 105, 109, 111, 113, 114, 122, 123, 152, 155, 192, 214, 216

Alternativas naturais 121

Apicultura 209

Aquecimento global 73, 74, 81

Associações mutualísticas 192, 193, 194, 195

### B

Bacias hidrográficas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 14, 22, 27

Bactérias 48, 57, 110, 112, 125, 127, 132, 192, 193, 196, 197, 198, 199, 203, 205, 213, 214, 215

Biodegradabilidade 121, 122, 123, 124, 125

Biodiversidade 48, 66, 83, 87, 94, 138, 181, 182, 184, 190, 192, 193, 221

Biofertilizante 131

Biogás 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136

Biopolímeros 112, 123, 125, 126, 127

### C

Caatinga 137, 138, 145, 146, 202, 206

Carcinicultura 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51

Carvão vegetal 137

Conservação ambiental 64

Contaminação 12, 17, 29, 31, 34, 39, 42, 43, 44, 47, 48, 51, 98, 103, 104, 109, 130, 150

### D

Dejetos suínos 130, 135, 136

Desmatamento 48, 95, 96, 137, 138, 181

Divisão territorial 2

## E

Ecosistemas 12, 30, 31, 101, 148, 181, 182, 193

Ecotoxicidade 52, 55, 57

Eficiência energética 131, 137, 138, 143, 145, 166

Energia fotovoltaica 164, 166, 167, 170, 171, 174

Energias renováveis 79, 129, 164, 165

Equilíbrio de Nash 73, 75, 78, 79, 80

Escassez hídrica 50, 111

Espécies nativas 180, 181, 182, 183, 188

## F

Fitopatógenos 195, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217

Fósforo 192, 195, 196, 197, 198

Fungos 110, 192, 193, 194, 196, 197, 198, 199, 201, 202, 205, 206, 210, 213, 215, 216

## G

Georreferenciamento 3

Gestão ambiental 2, 3, 38, 61, 62, 63, 71, 128, 163, 176, 221

Granulometria 31, 32, 35

## I

Impactos ambientais 11, 13, 23, 63, 64, 65, 67, 68, 72, 98, 99, 122, 129, 130, 146, 164, 167, 172, 175, 176

Impactos socioambientais 42, 43

Indicadores ambientais 4, 8, 9, 63, 163

Indústria cerâmica 137, 138, 139, 140, 145, 146

Indústria petrolífera 53

Indústria têxtil 121, 122, 128

## L

Lenha 137, 138, 139, 142, 143, 144, 145, 148

Logística reversa 100, 128, 167, 173, 174, 176

## M

Material particulado 147, 149, 150, 155, 157, 158, 159, 161, 162

Matriz energética 138

Meio ambiente 8, 12, 13, 20, 27, 28, 39, 42, 48, 49, 52, 53, 58, 60, 61, 63, 64, 65, 67, 69,

71, 72, 81, 98, 101, 102, 105, 111, 112, 122, 128, 129, 135, 137, 138, 145, 149, 152, 166, 167, 176, 181, 184, 190, 214, 221

Metais pesados 30, 38, 39, 40, 111, 167

Metano 129, 130, 131, 134

Mudanças climáticas 66, 73, 74, 80

## N

Nanociência 111

Nanopartículas metálica 110

Nitrogênio 134, 153, 154, 181, 182, 192, 196, 198, 203, 206

## P

Percepção ambiental 11, 13, 22, 109

Petróleo 52, 53, 54, 56, 61, 62, 138, 221

Poliéster 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127

Poliuição atmosférica 69, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 159, 161, 162

Própolis 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220

Protocolo de Kyoto 74

## R

Recursos genéticos 180, 182, 190

Recursos naturais 20, 40, 44, 47, 61, 63, 64, 65, 68, 70, 83, 86, 87, 93, 94, 95, 96, 99, 101, 122, 138, 142, 181, 184

Resíduos agroflorestais 110, 111

Resíduos sólidos 11, 20, 21, 66, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 108, 109, 175

Riscos ambientais 11, 12, 13, 22, 26, 27, 28, 30, 172

## S

Saneamento básico 97, 109

Saúde pública 48, 97, 98, 99, 101, 147, 148, 152

Serviços de saneamento 100

Solo 1, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 20, 25, 26, 36, 41, 66, 69, 87, 94, 98, 103, 104, 105, 109, 121, 122, 123, 124, 127, 130, 138, 150, 161, 175, 181, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 205, 206

Suinocultura 129, 130, 131, 132

Sustentabilidade 27, 81, 94, 108, 129, 131, 151, 167, 168, 169, 181, 221

## T

Tecnologias fotovoltaicas 166

Terra Indígena 83, 85, 90, 91, 93, 94, 95, 96

Território 2, 3, 8, 9, 16, 22, 26, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 94, 96, 189

# Meio ambiente:

Princípios ambientais,  
preservação e  
sustentabilidade

2



# Meio ambiente:

Princípios ambientais,  
preservação e  
sustentabilidade

2