



Fungos Fitopatogênicos de Solo em Sistemas Agroflorestais: revisão de literatura

Soil Phytopathogenic Fungi in Agroforestry Systems: literature review

João Paulo Agápto⁽¹⁾; Tiago Palladino Delforno⁽²⁾; José Maria Gusman Ferraz⁽³⁾; Iolanda Cristina Silveira Duarte⁽⁴⁾

⁽¹⁾ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1391-8609>; Universidade Federal de São Carlos-UFSCar, Sorocaba-SP; Doutorando, e-mail: jpagapto@ufscar.br

⁽²⁾ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1705-0763>; Universidade Federal de São Carlos-UFSCar, Sorocaba-SP; Professor, e-mail: tiago.palladino@gmail.com

⁽³⁾ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-6860-421X>; Universidade Estadual de Campinas-Unicamp; Campinas-SP; Professor, e-mail: ze2cordoba@yahoo.es

⁽⁴⁾ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9141-1010>; Universidade Federal de São Carlos-UFSCar, Sorocaba-SP; Professora, e-mail: iolanda@ufscar.br

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Recebido em: 26/02/2021; Aceito em: 30/06/2021; publicado em 01/08/2021. Copyright © Autor, 2021.

RESUMO: O objetivo da presente pesquisa foi explorar alternativas de manejo para minimizar a ação de fungos fitopatogênicos de solo em sistemas agroflorestais por meio de revisão bibliográfica. Os fitopatógenos de solo podem causar sérios danos aos cultivos, acarretando severas perdas econômicas aos produtores, caso estratégias de manejo e controle não sejam implementadas adequadamente. Sistemas Agroflorestais tradicionalmente são sistemas produtivos que buscam meios alternativos aos convencionais baseados na adoção de insumos químicos para realizar a produção. Por fim, considerou-se o uso de *Trichoderma* como microrganismo antagonístico ser um dos métodos e técnicas mais promissores para controle de fitopatógenos habitantes do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Fungo de solo, Controle alternativo, Manejo Sustentável

ABSTRACT: The aim of this research was to explore management alternatives to minimize the action of soil phytopathogenic fungi in agroforestry systems through a literature review. Soil phytopathogens can cause serious damage to crops, causing severe economic losses to producers, if management and control strategies are not implemented properly. Agroforestry systems are traditionally productive systems that seek alternative means to conventional ones based on the adoption of chemical inputs to carry out production. Finally, the use of *Trichoderma* as an antagonistic microorganism was considered to be one of the most promising methods and techniques for controlling phytopathogens inhabiting the soil.

KEYWORDS: Soil fungus, Alternative control, Sustainable Management.

INTRODUÇÃO

O solo é um sistema biológico dinâmico, considerado como o principal reservatório de diversidade biológica do planeta. O entendimento e compreensão da dinâmica da vida presente no solo são fundamentais para garantir a produção de alimentos. Nesse sentido, cada vez mais estudos estão sendo realizados em relação à atividade microbiana no solo, com destaque para os fungos, bactérias e nematoides (POKHAREL; ZIMMERMAN, 2016; BAI et al., 2020). Muitos desses microrganismos possuem conhecida atividade benéfica aos vegetais, entretanto há aqueles que podem ser patogênicos podendo causar várias doenças e acarretar sérios danos e prejuízos econômicos.

Os patógenos radiculares, também denominados fitopatógenos, passam a maior parte do seu ciclo de vida no solo. Esses fitopatógenos podem causar infecção dos órgãos subterrâneos ou caules das plantas. Mesmo na ausência de seu hospedeiro esses fitopatógenos podem sobreviver no solo por um longo período. Podem ser saprófitos e seus estádios de disseminação e sobrevivência são exclusivos ao solo, embora alguns possam produzir esporos disseminados pelo ar ou água (HILLOCKS; WALLER, 1997; MICHEREFF et al., 2005).

Dentre os microrganismos responsáveis por causarem doenças radiculares destacam-se os fungos e as bactérias. De acordo com Michereff et al (2005) os fungos constituem o maior grupo de patógenos radiculares, ocorrendo em todos os tipos de sistemas agrícolas e causando doenças nas principais espécies cultivadas, apresentando uma variada gama de sintomas. As doenças radiculares provocadas por fungos estão entre as principais causas de redução na produtividade de culturas de interesse alimentar, sobretudo devido ao seu caráter contínuo e devastador (CORREIA; MICHEREFF, 2018).

A visão convencional sobre doenças de plantas representadas por um triângulo onde o hospedeiro, o patógeno e o ambiente interagem entre si, resultando em doença, é desafiada por uma visão holística mais ampla, incluindo a presença de comunidades microbianas complexas que compõem o patossistema. Os microbiomas da planta e do solo estão profundamente ligados a todos os três fatores causais do "triângulo da doença" clássico o que levou a uma "pirâmide da visão de doença", incluindo o microbioma como o quarto elemento em uma pirâmide de base triangular, passando a ter uma base quadrangular. O ambiente, especialmente as características do solo, e da

rizosfera determina a origem dos microrganismos recrutados pelas raízes das plantas, que por sua vez afetam diretamente o sucesso ou insucesso de um determinado patógeno causar doenças em determinadas culturas (CHIARAMONTE; MENDES; MENDES, 2020).

Como um sistema de produção sustentável de alimentos, os sistemas agroflorestais (SAF) preconizam o manejo dos cultivos ocasionando o menor impacto possível sobre os agroecossistemas, visando restabelecer o cenário produtivo próximo ao que seria o ambiente natural. De modo geral, os SAF's têm por premissa a manutenção da biodiversidade visível no ambiente, à biota acima do solo, assim como, a invisível que se encontra abaixo do solo, e é nesse ambiente que se encontram os microrganismos patogênicos causadores de doenças radiculares e seus antagonistas.

Embora muitos estudos fitopatológicos estejam sendo realizados em SAF tais como a mancha-amarela Sigatoka (*Pseudocercospora musae*) em bananeiras (LOMBA; CASTRO, 2017), mancha-da-folha (*Mycena citricolor*) e antracnose (*Colletotrichum sp.*) em café (DURAND-BESSART et al., 2020), ferrugem do eucalipto (*Austropuccinia psidii*) em eucaliptos (AGÁPTO, 2020) e vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*) em cacaueteiro (ALVES-JÚNIOR et al., 2018), ainda são escassos os trabalhos que abordem a questão de fitopatogênicos de solo em sistemas agroflorestais.

Devido ao tema ainda pouco abordado, o objetivo desse estudo foi apresentar subsídios, com base em literatura especializada, de alternativas de manejo em sistemas agroflorestal a fim de contribuir na minimização desse problema.

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Para realização dessa pesquisa utilizou-se o método de “revisão integrativa”, método esse que se fundamenta em ampla abordagem metodológica referente às revisões, permitindo a inclusão de estudos experimentais e não-experimentais para uma compreensão plena do fenômeno analisado. Tal metodologia combina ainda dados da literatura teórica e empírica, além de incorporar definições, conceitos, teorias e evidências a respeito de um tópico particular (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010).

REFERENCIAL TEÓRICO

Sistema agroflorestal (SAF)

O Sistema de produção agroflorestal é uma prática antiga, desde tempos imemoriais e bem característica de uso como meio de produção e sobrevivência em comunidades tradicionais em várias partes do mundo, especialmente nos trópicos, sendo muitas vezes constituídos de forma casual, sem um arranjo produtivo ou delineamento previamente estabelecido (NAIR, 1993; MONTROYA; MAZUCHOWSKI, 1994; AMADOR, 2003; BARISAUX, 2017).

Entretanto, apesar dos inúmeros conceitos e definições existentes na literatura sobre sistema agroflorestal, de modo geral, pode-se afirmar que para um sistema produtivo ser considerado um SAF ele deve possuir de forma simultânea o cultivo intencional de plantas perenes lenhosas como árvores, arbustos, palmeiras, bambus, entre outras, com culturas agrícolas e ou animais no mesmo espaço de terra, com alguma conformação de arranjo espacial ou sequência temporal (NAIR, 1993).

De acordo com Somarriba (1992) esses sistemas devem atender ao menos três condições básicas, a saber: 1) existência de pelo menos duas espécies de plantas que interagem biologicamente; 2) pelo menos uma das espécies de plantas deve ser uma perene lenhosa, e 3) pelo menos uma das espécies de plantas é manejada para produção de forragem, colheita anual ou perene.

Os SAF's caracterizam-se pela combinação do elemento arbóreo com diferentes espécies, vegetais ou animais, aproveitando o mesmo espaço no mesmo tempo ou não, por recursos comuns como o solo, água, luz e nutrientes. A combinação entre diferentes espécies quando realizada de forma harmoniosa, favorece as interações biológicas e sinérgicas propiciando de forma gradativa no tempo, a integração, o equilíbrio e a manutenção da energia no ambiente para que o sistema chegue a uma condição ideal ou desejável de sintropia ou entropia negativa (ANDRADE; PASINI, SCARNO et al., 2020).

Porém, dado à grande quantidade de conceitos que envolvem esse sistema de cultivo, Goulart et al. (2016) afirmaram existir certa dificuldade em apresentar uma definição capaz de universalizar o entendimento sobre os sistemas agroflorestais. Sendo, portanto, comum na literatura encontrar uma série de nomenclaturas diferentes, mas que remetem ao mesmo princípio de agricultura sustentável.

Nesse sentido, os sistemas agroflorestais têm sido preconizados como sistemas mais sustentáveis de produção e divulgados como uma solução alternativa para a recuperação de áreas degradadas, visto que, sua adoção como prática de produção agropecuária visa restabelecer um cenário próximo ao ambiente natural, isentando de aportes de insumos externos à propriedade (PAULA; PAULA, 2003; CASTRO et. al., 2019).

Desse modo, alguns autores têm relatado ao longo do tempo inúmeros benefícios do ponto de vista ecológico e ambiental quando da implantação dos mais variados tipos e formatos de sistemas agroflorestais (PAULA et al., 2015; MARTINS et al., 2019; LAUDARES et al., 2017; FROUFE et al., 2020).

Ribaski et al. (2001) mencionaram que dentre os benefícios ambientais dos SAF's, destacam-se o melhor controle edafoclimático. De acordo com os autores, a temperatura, umidade relativa do ar e a umidade do solo podem sofrer alterações em condições de áreas abertas e desprovidas de árvores, portanto, nos SAF's, a presença do componente arbóreo contribui para regular a temperatura do ar, reduzindo variações ao longo do dia e, conseqüentemente, tornando o ambiente mais estável, o que traz benefícios às plantas e aos animais integrantes desses sistemas.

Ainda em relação ao solo, outra ação positiva proporcionada pela presença das árvores nos SAFs, refere-se à suavização dos efeitos da radiação solar sobre a microbiota presente na superfície do solo. Graças à sombra das árvores e da serapilheira agindo como agentes reguladores das condições térmicas, as temperaturas extremas da superfície do solo diminuem significativamente. Dessa forma, o maior teor de umidade no solo favorece a atividade microbiana, o que resulta na aceleração da decomposição da matéria orgânica e possibilita o aumento da sua mineralização (RIBASKI et al., 2001).

Microbiota do solo em sistemas agroflorestais

Em consonância com Manfio (2006) a utilização do termo “microrganismos” refere-se a uma ampla variedade de táxons de organismos unicelulares e microscópicos que vivem na natureza como células isoladas ou em agregados celulares. Esta definição abrange tanto os grupos dos organismos procarióticos como os eucarióticos. Os microrganismos apresentam grande resistência em ambientes inóspitos, são os seres vivos mais primitivos do planeta e estima-se que surgiram a bilhões de anos, sendo os

primeiros a colonizar a terra, (ATLAS; BARTHA, 1998; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

No que diz respeito ao solo, os microrganismos fazem parte de maneira indissociável, sendo promotores de inúmeras reações bioquímicas relacionadas à transformação da matéria orgânica, bem como, desempenhando importante função com o intemperismo das rochas. Os microrganismos do solo desempenham papel essencial na gênese do solo e ainda atuam como reguladores de nutrientes, pela decomposição da matéria orgânica e ciclagem dos elementos, atuando, como fonte e dreno de nutrientes para o crescimento das plantas (ANDREOLA; FERNANDES, 2007).

A microbiota presente no solo é responsável pelos processos de decomposição da matéria orgânica vegetal e animal, e é também através dos processos metabólicos realizados pelos microrganismos que ocorrem a mineralização e disponibilização dos nutrientes retidos nas estruturas orgânicas. Esse processo de ciclagem da matéria orgânica é fundamental para agricultura, sobretudo, para os sistemas de base mais ecológica como os sistemas agroflorestais, que preconizam por essência a constante cobertura do solo com algum tipo de biomassa capaz de retornar nutrientes as plantas (BINI et al., 2016).

Nesse sentido, Andreote e Cardoso (2016) destacaram duas características microbianas tidas como os maiores exemplos do benefício dos microrganismos para o desenvolvimento dos vegetais: a fixação biológica do nitrogênio e a formação de micorrizas. Contudo, a diversidade microbiana presente nos solos é enorme, sendo que, muitos outros processos podem ocorrer influenciando o desenvolvimento das plantas.

A fixação biológica do nitrogênio atmosférico (FBN) é um processo realizado por alguns grupos de microrganismos procarióticos que apresentam grande diversidade morfológica, fisiológica, genética, bioquímica e filogenética (NÓBREGA et al., 2004) como as bactérias que apresentam a enzima nitrogenase (VINHAL-FREITAS; RODRIGUES, 2010), essas bactérias pertencem a diversos gêneros *Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium*, *Rhizobium* entre outros. Todas as bactérias simbiotes fixadoras de nitrogênio atmosférico costumam ser chamadas, de modo popular e coletivo como rizóbios (HUNGRIA et al., 2007).

Com relação às micorrizas, estas são resultado da associação simbiótica entre raízes de plantas vasculares e determinados fungos do solo e ocorrem na maioria dos ecossistemas terrestres (ANTONIOLLI; KAMINSKI, 1991). Até o momento são descritos quatro principais tipos de micorrizas com base em sua estrutura e função, a

saber: micorriza arbuscular, ectomicorriza, micorriza orquidóide e micorriza ericóide (PRASAD et al., 2017).

Segundo Renker (2003) entre os diferentes tipos de micorrizas, a micorriza arbuscular (AM) é a mais comum. Nesse sentido, inúmeros estudos evidenciam que a simbiose formada entre as raízes das plantas e os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) é encontrada na maioria das plantas, estima-se que entre 70% a 90% de todas as plantas terrestres sejam hospedeiras de (FMA) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002; FERNANDES et al., 2010; BALOTA et al., 2011; SMITH; READ, 2008; SMITH; SMITH, 2012; TEOTIA et al., 2017; VERGARA et al., 2019).

Na relação simbiótica fungo-planta após a penetração nas raízes das plantas o fungo forma enovelamentos simples através de hifas transcelulares e coloniza as células do córtex, formando os arbúsculos para enfim poder beneficiar-se do suplemento de carbono (C) da planta (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Por outro lado, na relação planta-fungo as micorrizas arbusculares proporcionam uma série de benefícios para as plantas hospedeiras, favorecendo a melhor absorção de água e nutrientes minerais, sobretudo, os de baixa mobilidade no solo como o fósforo (P), propiciando ainda resistência contra doenças e estresse hídrico, maior sobrevivência e maior crescimento (BALOTA et al., 2011; TEOTIA et al., 2017).

Desse modo, o grande desafio do ponto de vista da sustentabilidade ambiental e ecológica, encontra-se em descrever esses processos e manipulá-los de forma otimizada, conseguindo maior eficiência energética na produção seja vegetal ou animal. A visão de uma ampla diversidade microbiana é ainda recente, posto que, esta somente foi obtida com a utilização de métodos independentes de cultivo. Novas tecnologias têm permitido acessar e entender com maior profundidade a complexidade biológica do sistema solo (ANDREOTE; CARDOSO, 2016).

Sistema de produção convencional e agroflorestal e seus impactos sobre a atividade fúngica do solo

É sabido que os sistemas de produção tanto os considerados como convencional, quanto aos considerados como agroflorestal tem por si só a missão de produzir e ofertar grãos, frutas, raízes, carne, leite, ervas medicinais, fibras, madeira, entre outros produtos.

Contudo, o modo de se produzir entre ambos possui concepções metodológicas e aplicabilidade práticas e operacionais bem distintas.

Sendo assim, esta seção não visa apresentar um debate científico metodológico ou uma análise crítica conceitual sobre as potencialidades ou fragilidades desses dois sistemas, mas de maneira sintetizada nesta seção se discorre sobre as principais práticas envolvidas nos processos produtivos entre um e outro sistema e seus efeitos sobre a microbiota e de modo especial para comunidade fúngica do solo.

Dessa forma, é possível afirmar que o modelo de agricultura convencional que se tem hoje foi concebido após a chamada “Revolução Verde” ocorrida no final da década de 1950 e estabelecida totalmente entre as décadas de 1960 e 1970 (HENRIQUES, 2009; ALVES; TEDESCO, 2015; MUELLER et al., 2017). Esse modelo inseriu na agricultura tradicional o uso de tratores e implementos mecanizados para o revolvimento do solo, a utilização de insumos de base química como os agrotóxicos (herbicida, inseticida, fungicida) para controlar ervas daninhas, pragas e doenças nos plantios, a fertilização sintética para nutrição das lavouras e o desenvolvimento de organismos geneticamente modificados (MATOS, 2010; ANDRADES; GANIMI, 2007; SILVESTRIL; SILVA, 2019).

Além da utilização progressivamente mais intensa ao longo dos anos desses insumos e das práticas acima citadas, a agricultura convencional moderna cada vez mais está expandindo o plantio de uma única espécie agrícola numa mesma área ou região, conferindo ao sistema de produção convencional o modelo de produção intensivo de monocultura, como é o caso no Brasil da soja, cana-de-açúcar e eucalipto (ZIMMERMANN, 2009).

Em consonância com Petersen, Weid e Fernandes (2009) essa antropização massiva do ecossistema em agroecossistema causa um processo de distanciamento dos equilíbrios naturais. Esses autores argumentaram que esse modelo de sistema produtivo convencional causa degradação e perda de recursos naturais essenciais como solos, contaminação das águas e afeta diretamente a biodiversidade, além de ser grande emissor de gases de efeito estufa dado ao uso de insumos químicos derivados de combustíveis fósseis.

Nesse sentido, outro fator que age diretamente sobre a microbiota do solo vem do uso contínuo e crescente de agrotóxicos adotado pelo atual sistema de produção agrícola. Segundo os estudos de Bombardi, (2017), Lopes e Albuquerque (2018) e Fidelis et al. (2020) o Brasil é o país que mais utiliza agrotóxico no mundo. Nessa mesma

esteira, no ano de 2015 o país teve 109 novos registros de produtos químicos para agricultura e em 2019 foram 433 novos registros de agrotóxicos, ou seja, um aumento de 297,25% no período (SINDVEG, 2020).

Os agrotóxicos são substâncias químicas projetadas para ter atividade biológica e são intencionalmente liberados no meio ambiente em quantidades muitas vezes maiores do que o necessário, sendo que, das quantidades aplicadas, apenas uma pequena fração entra em contato com a praga alvo, o restante representa uma ameaça potencial para espécies não-alvo podendo causar efeitos adversos não intencionais em microrganismos do solo (NEUWIRTHOVÁ et al., 2018).

Cruz et al (2017) realizaram estudos sobre fungos filamentosos comparando amostras de solos em área de Caatinga no Parque Nacional do Catimbau em Pernambuco. Os pesquisadores coletaram amostras de solo em áreas preservadas e antropizadas identificando ao todo 65 espécies de fungos, sendo distribuídas em 48 espécies na área preservada e 23 em área antropizada, ou seja, a área preservada possuiu mais que o dobro das espécies dos fungos filamentosos, revelando dessa forma que o solo deve ser reconhecido como parte integrante de funções específicas no ecossistema, no qual a fração biológica é dinâmica e facilmente afetada pelo manejo agrícola.

No entanto, os sistemas de produção de cunho agroflorestal são propagadores de técnicas e práticas que durante os processos ou ciclos produtivos, buscam ocasionar menores ações de impacto ao ambiente. E como já mencionado anteriormente, sua adoção como prática de produção agropecuária visa restabelecer um cenário próximo ao que seria o ambiente não antropizado.

Os sistemas agroflorestais multiestratificados também denominados de agroflorestas, preconizam práticas de uso e manuseio agrícola que contemplem de maneira específica a presença do componente arbóreo, da diversidade de espécies e de grande produção de biomassa, onde a composição de espécies busca maximizar a oferta de luz e de nutrientes, tanto na escala horizontal quanto na vertical (EWERT et al., 2016).

Nos sistemas agroflorestais o solo é valorizado como um dos pilares da manutenção da vida, juntamente com a água e com a agrobiodiversidade. E é por meio dessa concepção que se constrói o ambiente favorável a atividade microbiana presente no solo. Nesses sistemas o manejo do solo privilegia práticas de rotação, sucessão e consórcio de culturas que adicionem matéria orgânica, através do uso de plantas de cobertura ou adubos verdes, combinando essas práticas ao uso de fertilizantes orgânicos,

e até mesmo organominerais, capazes de proporcionar nutrientes de forma adequada aos cultivos (ALCÂNTARA, 2017).

Diferentemente dos sistemas convencionas que cada vez mais adotam a prática do monocultivo os sistemas agroflorestais priorizam o policultivo ou plantio consorciado e ainda a rotação de culturas. Li et al. (2020) descreveram que o cultivo contínuo pode resultar em quedas acentuadas na produção e na qualidade dos produtos, levando ainda a alterações na comunidade microbiana do solo, sendo que, o prolongamento da monocultura contínua pode aumentar significativamente a comunidade de alguns fungos patogênicos.

Diversos estudos com diferentes culturas têm mostrado que o plantio contínuo de uma mesma espécie vegetal tem levado a diminuição da produtividade causando perdas significativas aos produtores, como melancia (LING et al., 2015), soja (JIE et al., 2019), pepino (ELLIOT et al., 1986), banana (WANG et al., 2019) e o amendoim (LI et al., 2020). As questões associadas ao cultivo contínuo são complexas e dizem respeito em grande parte a questões ambientais do solo (LI et al., 2020).

Sobre essas práticas de manejo adotadas pelo sistema agroflorestal Rakotovao et al. (2017) realizaram estudo na região de Itasy em Madagascar a fim de saber de fato se esses sistemas contribuíam para uma agricultura mais sustentável. Os autores constataram que as práticas de plantio de árvores com agropecuária, o uso de composto, adubo verde e resíduos de colheita quando incorporados ao solo, foram eficazes em até 364% no processo de sequestro de carbono no solo, beneficiando assim os fungos arbusculares micorrízicos e contribuindo significativamente para diminuição de gases de efeito estufa.

Outra característica concernente aos sistemas agroflorestais em relação aos sistemas convencionais de produção é a maior independência de insumos externos a propriedade, sobretudo no que tange ao uso de agrotóxicos. Os sistemas agroflorestais além de fazer uso de fontes naturais de adubação, utilizam também preparados alternativos como caldas para combater problemas fitossanitários nos cultivos (DAHLKE et al., 2019). Ao não utilizarem agrotóxicos ou utilizando de modo parcimonial, os sistemas agroflorestais contribuem substancialmente para a mitigação dos impactos negativos sobre os microrganismos amigáveis presentes no sistema, assim como, sobre a atividade fúngica do solo (GOWRI; THANGARAJ, 2019; NEHRA et al., 2020).

Incidência dos principais fungos patogênicos de solo sobre as principais culturas agrícolas brasileiras

De acordo com Moreira e Siqueira (2002) nem todos os fungos que habitam as raízes formam micorrizas, muitos desses vivem na rizosfera ou crescem na superfície das raízes sem nenhuma comunicação ou efeitos diretos sobre elas. Além desses fungos “não micorrízicos” considerados neutralistas, também vivem no solo outros fungos que colonizam as raízes e seus tecidos que são considerados fungos patogênicos causadores de doenças para o hospedeiro.

As doenças radiculares provocadas por fungos estão entre as principais causas de redução na produtividade de culturas de interesse alimentar, especialmente em função do seu caráter contínuo e dizimador. Além disso, em muitas situações causam a substituição de cultivares com características interessantes, a decadência de culturas tradicionais em alguns locais e o abandono de terras, gerando um grande impacto socioeconômico (MICHEREFF et al., 2005; CORREIA; MICHEREFF, 2018).

Neste sentido Töfoli et al., (2019) e Sobrinho et al., (2019) alertaram que as doenças fúngicas de solo podem ser limitantes em diferentes culturas e causadoras de grande prejuízo econômico, além de comprometer seriamente a qualidade dos frutos. As doenças fúngicas e a intensidade dos danos e os prejuízos podem variar com as condições de cultivo e de clima, exigindo, portanto, de cada produtor a máxima atenção com o seu solo.

A atividade fitopatogênica do fungo no solo inicia-se no instante em que a raiz entra em contato com um propágulo ou unidade infecciosa. Até esse momento o fungo encontra-se numa fase inativa, na forma de estruturas de resistência que apresentam atividade metabólica nula ou reduzida. Situações exógenas, impostas por fatores ambientais, ou condições endógenas, reguladas geneticamente pela própria constituição dos propágulos, determinam a duração dessa fase. Após o propágulo germinar ele entra em contato com as raízes do hospedeiro que cresce nas suas proximidades, nesse momento tem início à fase de pré-colonização (CORREIA; MICHEREFF, 2018).

Os mesmos autores explicam ainda que depois de penetrar no hospedeiro, ocorre a fase de colonização, caracterizada pela invasão progressiva dos tecidos do hospedeiro e o consequente aumento da produção de biomassa do fungo, quanto maior for à capacidade do parasita em extrair energia, maior será a relação entre o patógeno e o hospedeiro. Quando a disponibilidade de energia decresce e atinge valores mínimos, como resultado

das perturbações funcionais causadas no hospedeiro pelo agente patogênico, ocorre à redução na produção de biomassa iniciando novamente a fase de sobrevivência. Nessa fase há uma redução da atividade do fungo e prolonga-se para além da morte do hospedeiro, pela colonização dos tecidos vegetais mortos ou pelos propágulos do patógeno que serão liberados para o solo, finalizando quando esses propágulos entram em contato com uma nova fonte de energia que estimule outra vez sua germinação.

Conforme dados levantados pelo IBGE 2019 sobre as principais culturas agrícolas, buscou-se identificar na literatura alguns dos principais fungos habitantes do solo acometedores de doença sobre esses cultivos (Quadro 1).

Quadro 1: Doenças causadas por fungos do solo sobre as principais culturas agrícolas no Brasil

	Cultura	Tipo de Doença	Patógeno	Referencia
1	Soja	Tombamento de plântulas Murcha-de-fusário Murcha-de-esclerócio Podridão cinzenta do caule Podridão branca Podridão radicular seca Cancro da haste	<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Pythium</i> spp. <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>glycines</i> <i>Sclerotium rolfsii</i> <i>Macrophomina phaseolina</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> <i>Fusarium solani</i> f.sp. <i>sojae</i> <i>Diaporthe phaseolorum</i> f.sp. <i>meridionalis</i>	LANUBILE et al., (2015). MICHEREFF et al., (2005).
2	Milho	Podridão do colmo Queima de plântulas	<i>Macrophomina phaseolina</i> <i>Pythium</i> spp. <i>Rhizoctonia solani</i>	COSTA et al., (2019). MICHEREFF et al., (2005).
3	Cana-de-açúcar	Podridão abacaxi Podridão radicular Podridão de esclerócio	<i>Thielaviopsis paradoxa</i> <i>Pythium</i> spp. <i>Sclerotium rolfsii</i>	BORGES et al., (2019). MICHEREFF et al., (2005).
4	Café	Podridão radicular Podridão do caule Rizoctoniose	<i>Rosellinia</i> spp. <i>Fusarium solani</i> <i>Rhizoctonia solani</i>	MICHEREFF et al., (2005). MONTEIRO et al., (2017).
5	Feijão	Murcha-de-fusário Podridão radicular seca Podridão cinzenta do caule Podridão branca Murcha de esclerócio Tombamento de plântulas	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>phaseoli</i> <i>Fusarium solani</i> f.sp. <i>phaseoli</i> <i>Macrophomina phaseolina</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> <i>Sclerotium rolfsii</i> <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Pythium</i> spp.	HENRIQUE et al., (2015). MICHEREFF et al., (2005).
6	Trigo	Mosaico do trigo	<i>Polymyxa graminis</i>	DALBOSCO et al., (2002).
7	Arroz	Podridão do caule Rizoctoniose Podridão radicular	<i>Sclerotium rolfsii</i> <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Pythium</i> spp.	AMAIZ et al., (2017). MICHEREFF et al., (2005).
8	Algodão	Tombamento de plântulas Podridão negra Murcha-de-fusário Murcha-de-verticílio Podridão cinzenta do caule	<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Pythium</i> spp. <i>Thielaviopsis basicola</i> <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>vasinfectum</i> <i>Verticillium dahliae</i> <i>Verticillium albo-atrum</i> <i>Macrophomina phaseolina</i>	HALPERN et al., (2018). MICHEREFF et al., (2005).
9	Mandioca	Podridão radicular seca Podridão radicular mole Podridão do colo Podridão negra	<i>Fusarium solani</i> <i>Phytophthora drechsleri</i> <i>Sclerotium rolfsii</i> <i>Rosellinia necatrix</i>	MICHEREFF et al., (2005). STEFANELLO et al., (2017).

10	Laranja	Podridão do pé Podridão-de-fusário	<i>Phytophthora</i> spp. <i>Fusarium solani</i>	MICHEREFF et al., (2005). SÁENZ PÉREZ et al., (2019).
----	---------	---------------------------------------	--	---

É importante ressaltar que as culturas apresentadas no Quadro 1, podem ser cultivadas em ambos os sistemas, ou seja, no convencional, tanto quanto, no agroflorestal. Entretanto, destaca-se aqui quatro dessas culturas que com maior frequência e em maior quantidade de área plantada são também cultivadas em sistema agroflorestal como é o caso do milho e feijão, muito utilizado no Brasil sob a forma de consórcio entre culturas (MARTINS et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2016; BORGES et al., 2020), o café agroflorestal no Brasil (CORREIA et al., 2020; GOMES et al., 2020), na Costa Rica (MERLE et al., 2020) Peru (JEZEER et al., 2019) Nicarágua (BEILHE et al., 2020) China (RIGAL et al., 2020) e a mandioca (DEVIDE et al., 2019; CHAUVET, 2017).

Métodos e técnicas alternativas de manejo e controle de fitopatógenos do solo

Como o apresentado anteriormente o grande mote dos sistemas agroflorestais está na capacidade de explorar os recursos do ambiente para produção de alimentos de maneira harmoniosa aos processos naturais, no sentido de causar o mínimo de impactos negativos possível no agroecossistema e ao contrário contribuir de modo progressivo e consistente para a preservação e manutenção dos recursos naturais.

Desse modo, os sistemas de produção agroflorestais e demais sistemas análogos a estes, se apresentam como uma seara demandante de copioso esforço científico capaz de apresentar novos métodos e práticas de manejo cultural que apresentem condições de aplicabilidade e uso pelos agricultores independentemente de sua escala de produção ou de seu nível tecnológico (DE PAULA et al., 2017). E é sobre esta lógica que se apresenta nessa seção o contrário daquilo que seria o método convencional antropocêntrico para controlar fungos patogênicos do solo, com o habitual uso de agrotóxico.

Métodos e técnicas alternativas de controle de fitopatógenos disponíveis

A diversidade microbiológica do solo é muito grande e somente em relação aos fungos estima-se que haja mais de 1,5 milhão de espécies (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002), portanto apresentar técnicas alternativas de controle para todos os fungos descritos até o momento não seria tarefa possível. Em vista disso, a seguir são apresentadas algumas técnicas e metodologias mais recorrentes na agricultura, possíveis de serem empregadas por qualquer agricultor, que servem para manejar ou controlar fungos patógenos de solo e seus efeitos danosos sobre os cultivos em sistemas agroflorestais, assim como, em outros sistemas de base ecológica também.

Solarização do solo

A solarização do solo é uma técnica que foi desenvolvida em Israel que faz uso da energia solar para a desinfestação do solo, reduzindo ou eliminando o inóculo de fitopatógenos, plantas invasoras e outras pragas do solo. A técnica consiste em cobrir o solo, que deve estar umedecido, com um filme plástico transparente e sem furos enterrando-se as bordas, criando sob o filme o efeito estufa, que eleva a temperatura ao ponto letal para os patógenos. Todas essas etapas devem necessariamente ser realizadas antes do plantio, durante os meses de maior radiação solar, sendo que, o solo deve ficar coberto por no mínimo um mês, entretanto recomenda-se que o solo fique coberto por até 60 dias (BETTIOL et al., 2005; VISCONTI et al., 2016).

A solarização é um método relativamente barato e de fácil execução, quando bem empregado, a técnica permite o aquecimento das camadas superficiais do solo até 52°C, e as camadas mais profundas até 20 cm atingem, em média, 44 a 45°C (VISCONTI et al., 2016). O efeito da redução na incidência de doenças pode durar vários ciclos, geralmente são percebidos durante duas ou três safras. O efeito prolongado resulta da redução na quantidade de inóculo associada a uma mudança no equilíbrio biológico do solo, em favor de antagonistas, que desaceleram a reinfestação (BETTIOL et al., 2005).

A solarização é eficiente contra algumas espécies de fungos como (*Sclerotinia*, *Pyrenochaeta*, *Phytophthora*, *Thielaviopsis*, *Roseilinia* e *Macrophomina*), acometedores de diversas culturas como feijão, soja, milho, tomate, fumo, café entre outras (BETTIOL; GHINI, 2003).

Casca de camarão para o controle de podridão de raízes

O uso de casca de camarão é uma técnica que consiste na adição de fontes de matéria orgânica ao solo, a qual contribui para o controle de patógenos devido ao aumento da atividade microbiana e à melhoria das características físicas e químicas do solo. Dentre os diversos resíduos que podem ser utilizados, a aplicação de casca de camarão, apresenta-se como uma alternativa eficiente (GHINI et al., 2006).

De acordo com Bettioli et al. (2005) a incorporação de resíduos ao solo pode induzir supressividade por meio do estímulo da microbiota antagônica. A aplicação de casca de camarão moída diminui a incidência da podridão-de-raízes, causada por *Fusarium* spp., e nematóides em diversas culturas, como feijão, rabanete, ervilha gengibre, pimenta entre outras. Contudo, recomenda-se o uso com parcimônia desse material, pois em quantidades elevadas a casca de camarão pode causar fitotoxicidade às plantas (PINTO et al., 2010).

Incorporação de resíduo de leguminosas

Similar à técnica anterior, a incorporação de resíduos de plantas leguminosas ao solo melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo. É considerada uma das técnicas mais simples de execução e de baixo custo para os agricultores realizarem o manejo de fitopatógenos habitantes do solo.

Apesar de ser um método simples e realizado há tempos pelos agricultores, na atualidade cada vez mais se realizam estudos a fim de compreender o efeito indutor desse método na supressividade sobre fitopatógenos. Nesse sentido, Cruz et al. (2013) ao conduzirem experimento com incorporação da parte aérea das leguminosas leucina (*Leucaena leucocephala*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) para o controle da fusariose do tomateiro, verificaram grande eficiência no controle da fusariose por todas as leguminosas, contudo segundo os autores o maior percentual de controle foi obtido com os resíduos de amendoim forrageiro.

Porto et al. (2016) avaliaram o efeito da incorporação de material vegetal proveniente de feijão-de-porco sobre a cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.) na tentativa de controlar a podridão radicular causada pelos fungos *Fusarium solani*, *Macrophomina*

phaseolina e *Rhizoctonia solani*. Os pesquisadores constataram que em ambiente controlado o feijão-de-porco em cobertura proporcionou menor incidência do *F. solani* no meloeiro em relação ao incorporado.

Laborda et al. (2019) testaram a eficácia da técnica de incorporação de leguminosas para controlar o fungo causador da podridão-de-escleródio (*Sclerotium rolfsii* Sacc.) na cultura da cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) também conhecido como tomate de índio. Foi constatado que a incorporação da biomassa de *Gliricidia* (*Gliricidia sepium*) apresentou excelentes resultados no controle do patógeno *S. rolfsii*.

Biofertilizantes

A utilização de biofertilizantes também é considerada um método de fácil aplicabilidade e que apresenta bons resultados para o controle de doenças fúngicas incluindo às do solo. Produzido pela digestão anaeróbia ou aeróbia de diversos materiais orgânicos, vem sendo recomendado para o controle de numerosas doenças. Essa abordagem de controle passou a ser considerada viável após observações de uso prático por agricultores orgânicos. A composição química dos biofertilizantes varia de acordo com o método de preparo e o material pelo qual foi obtido, podendo ser produzido no campo pelo próprio agricultor ou adquirido de fontes comerciais. Hoje em dia encontram-se várias empresas especializadas na produção de biofertilizantes (BETTIOL et al., 2005).

A ação dos biofertilizantes consiste na adição de macro e micronutrientes, microrganismos eficientes e seus metabólitos e de compostos orgânicos e inorgânicos com efeitos sobre a planta e sobre a comunidade microbiana da folha e do solo. A doença pode ser controlada tanto pela presença de metabólitos produzidos pelos microrganismos presentes no biofertilizante, quanto pela atividade direta destes organismos sobre o patógeno e sobre o hospedeiro. No tocante aos microrganismos, as interações antagônicas envolvendo fungos leveduriformes e filamentosos e bactérias com os patógenos ocorrem, basicamente, devido ao parasitismo, à competição, à antibiose e à indução de resistência (BETTIOL et al., 2005).

Sousa et al. (2020) fizeram uso de biofertilizante caseiro realizado a partir de casca de melancia (15%); bagaço e casca de laranja (2%); melão (5%); esterco bovino (8%); mamão(5%); banana (5%); tomate (5%); abobora (5%) e folhas de árvores secas

(50%) a fim de controlar doença do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). De acordo com os resultados da pesquisa o uso do biofertilizante apresentou menor incidência da doença mancha de Cercospora (*Pseudocercospora cruenta*) no feijão-caupi.

Manipueira ou tucupi

É a técnica de usar o subproduto da fabricação da farinha de mandioca na forma líquida e aplicá-lo ao solo. A manipueira ou tucupi é o nome indígena dado ao extrato das raízes da mandioca, (*Manihot esculenta*), a manipueira é o líquido extraído da mandioca quando ela é prensada no processo de fabricação da farinha. Tanto a mandioca quanto esse líquido contém ácido cianídrico, que possui efeito nocivo para humanos e animais. A manipueira contém um composto denominado linamarina, de cuja reação química provém à acetona-cianohidrina, da qual resultam o ácido cianídrico e os cianetos, além de aldeídos. Esses cianetos são responsáveis pela ação inseticida, acaricida e nematicida do composto, enquanto o enxofre presente em grande quantidade e outros compostos exerce atividade antifúngica (BETTIOL et al., 2005).

Almeida et al., (2013) avaliaram a atividade antifúngica da manipueira e de extratos vegetais de folhas de juá (*Ziziphus joazeiro*), folhas de velame (*Croton triqueter*) e sementes de nim (*Azadirachta indica*) contra os fungos *C. eragrostidis* e *Phyllosticta sp.* em plantas de inhame em três ambientes diferentes (*in vitro*, em casa de vegetação e no campo). Ao final do experimento os autores verificaram que dentre os insumos utilizados como fungicida alternativo, a manipueira foi o produto que apresentou a menor média de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).

Controle biológico

Muitos métodos alternativos são possíveis para o manejo e controle de fitopatógenos e a cada dia novos métodos e técnicas estão em desenvolvimento. Contudo, o controle biológico de pragas e doenças está se postulando cada vez mais como a técnica para o futuro da produção de alimentos que busca em seus processos a sustentabilidade ambiental. Machado et al. (2012) afirmaram que para atender à procura, cada vez maior, dos mercados consumidores internacionais e o nacional por produtos e

alimentos livres de resíduos deixados pelas aplicações de agrotóxicos, o controle biológico de pragas e doenças constitui-se uma importante alternativa.

Desse modo, apresentam-se aqui algumas definições do que vem a ser o controle biológico: a) “A redução da população de plantas ou animais considerados nocivos, por meio de seus inimigos naturais. É orientado pelo homem, distinguindo-se por isso do controle natural” (CORSEUIL, 2007); b) Mais especificamente o controle biológico sobre doenças de plantas pode ser definido como “O controle de um microrganismo por meio de outro microrganismo” (BETTIOL et al., 2008) e c) “Controle biológico é a redução da densidade de inóculo ou das atividades determinantes da doença, através de um ou mais organismos” (MICHEREFF, 2001).

A partir da compreensão de que o controle biológico sobre fitopatógenos fundamenta-se no método de combater a nocividade de um microrganismo por outro que exerça função antagonica, faz se necessário conhecer o agente patógeno e seu respectivo antagonista, nesse sentido o Quadro 2 apresenta uma lista com algumas doenças fúngicas e seus respectivos agentes antagonistas, sendo estes, não somente fungos, mas também bactérias.

Quadro 2 – Doenças de plantas, agentes causais e antagonistas estudados para o controle biológico.

Doenças	Agentes causais	Antagonistas
Tombamento de plântulas	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Pythium</i>	<i>Pseudomonas</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Gliocladium</i>
Podridões de sementes, raízes e caules	<i>Rhizoctonia</i> , <i>Pythium</i> , <i>Sclerotium</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Thielaviopsis</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>Gaeumannomyces</i>	<i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Gliocladium</i> , <i>Coniothyrium</i> , <i>Verticilium</i>
Murchas vasculares	<i>Fusarium</i> , <i>Verticilium</i>	<i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Talaromyces</i> , <i>Fusarium</i>
Manchas e queimas foliares	<i>Cercospora</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Curvularia</i> , <i>Venturia</i>	<i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Athelia</i> , <i>Alternaria</i>
Ferrugens	<i>Puccinia</i> , <i>Uromyces</i> , <i>Melampsora</i> , <i>Cronartium</i>	<i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Darluca</i> , <i>Scytalidium</i> , <i>Verticilium</i>
Mildios e oídios	<i>Sphaerotheca</i> , <i>Podosphaera</i>	<i>Ampelomyces</i>
Cancros de caule	<i>Nectria</i>	<i>Bacillus</i> , <i>Trichoderma</i>
Podridões de frutos	<i>Botrytis</i> , <i>Monilinia</i> , <i>Mucor</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Rhizopus</i>	<i>Bacillus</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Gliocladium</i> , <i>leveduras</i>
Declínios de árvores	<i>Heterobasidium</i> , <i>Chondrostereum</i>	<i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Cryphonectria</i> , <i>Peniphora</i>

Fonte: adaptado de MICHEREFF (2001).

Uso de microrganismo antagonista (*Trichoderma*)

Trichoderma é o fungo mais estudado e utilizado como agente de biocontrole, sobretudo de fitopatógenos habitantes do solo, e mais recentemente, sendo avaliado também como bioestimulante para promoção do crescimento de plantas e aumento de produtividade (WOO et al., 2014; PINTO et al., 2019).

De acordo com Abreu e Pfenning (2019) são reconhecidas atualmente mais de 250 espécies de *Trichoderma*, que podem ser identificadas por meio de filogenia molecular. Estes agem tanto na promoção de crescimento de plantas, como no controle biológico de patógenos nas culturas agrícolas. As interações antagonicas entre *Trichoderma* e os fitopatógenos habitantes do solo são mais facilmente evidenciadas por micoparasitismo, antibiose e competição. No micoparasitismo o antagonista detecta o patógeno por estímulos químicos no solo, e cresce em sua direção, produzindo enzimas hidrolíticas que vão auxiliar na degradação da parede celular do patógeno. O micélio do *Trichoderma* se enrola na hifa ou estrutura de resistência do hospedeiro e, em seguida, inicia o processo de micoparasitismo (LOBO JUNIOR et al., 2019).

Lobo Junior et al. (2019) descreveram que os plantios de feijão-comum são altamente beneficiados pelo controle biológico de doenças por *Trichoderma*, como método para redução do Mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) no solo, e proteção de raízes contra patógenos como espécies de *Fusarium* e *R. solani*.

Silva et al. (2019) expuseram que a bananeira é afetada por muitas doenças a exemplo do mal-do-panamá (*Fusarium oxysporum*) resultando na redução da sua produtividade. Conforme os autores o *Trichoderma*, apresenta-se como principal fungo antagonista utilizado no manejo de enfermidades ocasionadas por patógenos de solo, como o mal-do-panamá na cultura da bananeira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final desta revisão espera-se prover maiores informações relacionadas ao manejo e controle de doenças do solo como os fungos fitopatogênicos, sobretudo, para aqueles que desejam realizar manejo em sistemas alternativos de produção, como os sistemas agrofloretais. Dentre os métodos e técnicas alternativos apresentados, o uso de

Trichoderma como microrganismo antagonístico, mostrou ser um dos mais promissores para controle de fitopatógenos habitantes do solo.

REFERÊNCIAS

1. ABREU, L. M.; PFENNING, L. H. O gênero *Trichoderma*. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. (Org.) *Trichoderma uso na agricultura*. 1ed. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, p. 163-179, 2019;
2. AGÁPTO, João Paulo. *Incidência da ferrugem do eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) em diferentes arranjos agroflorestais*. 2020. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos 2020;
3. ALBOSCO, M.; SCHONS, J.; PRESTES, A. M. Incidência e índice de doença do mosaico do trigo em cereais de inverno e em gramíneas de verão, associados ao *Polymyxa graminis*. *Fitopatol. bras.*, Brasília, v. 27, n. 1, p. 48-52, 2002;
4. ALCÂNTARA, Flávia Aparecida de. Manejo Agroecológico do Solo. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017 (*Série Documentos*).
5. ALMEIDA, D. O. C.; SOUZA, J. T.; MOREIRA, R. F. C. Uso de extratos vegetais na proteção de plantas de inhame contra *Curvularia eragrostidis* e *Phyllosticta* sp. *Agrotrópica* (Itabuna), v. 25, p. 187-198, 2013;
6. ALVES, C.; TEDESCO, J. A revolução verde e a modernização agrícola na mesorregião noroeste do Rio Grande do Sul – 1960/1970. *Revista Teoria e Evidência Econômica*, v. 21, n. 45, 2015;
7. ALVES-JÚNIOR, M.; CELESTINO-FILHO, P.; Augusto, S. G. Ocorrência de insetos nocivos, inimigos naturais e avaliação do nível de doenças em sistema roça sem queimar de produção de cacau. *Cadernos de Agroecologia*, v. 13, p. 1-7, 2018;
8. AMADOR, D. B. Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. *Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável*, p. 1-12, 2003;
9. AMAÍZ, L. et al. Evaluación del efecto antagonista de un consorcio bacteriano sobre *Rhizoctonia solani* Kühn en cultivos de arroz. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, v. 6 n. 1 p. 19-30, 2017;
10. ANDRADES, Thiago Oliveira de.; GANIMI, Rosângela Nasser. Revolução verde e a apropriação capitalista. *CES Revista*. Juiz de Fora, v. 21, p. 43-56, 2007;
11. ANDRADE, D.; PASINI, F.; SCARANO, F. R. Syntropy and innovation in agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 45, p. 20-24, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.08.003>;
12. ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. P. A Microbiota do Solo na Agricultura Orgânica e no Manejo das Culturas. In: SILVEIRA, A. P. D. da; FREITAS, S. dos S. (Eds.). *Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental*. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, p. 21-37, 2007;
13. ANDREOTE, F. D.; CARDOSO, E. J. B. N. Introdução à biologia do Solo. CARDOSO, Elke Jurandy Bran Nogueira; ANDREOTE, Fernando Dini. (Eds.) In: *Microbiologia do solo*. PIRACICABA. USP-ESALQ, v. 1, 2 ed, 2016. 9-22p.

14. ANTONIOLLI, Z. I.; KAMINSKI, J. Micorrizas. *Ciencia Rural*, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 441-455, 1991;
15. ARAÚJO, I. C. S.; FERREIRA, R. L. P. S.; MACEDO, A. T.; SANTOS, J. C. B.; SANTOS, J. A. R. Resistência cruzada entre agrotóxicos e antifúngicos de uso clínico contra *Cryptococcus neoformans*. *Revista Ceuma Perspectivas*, v. 30, n. 1, 2017.
16. ATLAS, R. M.; BARTHA, R. *Microbial ecology*. Fundamentals and Applications. 4 ed. CA, USA. Redwood, Benjamin Cumins, 1988;
17. BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; COLAUTO STENZEL, N. M. Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. *Bragantia*. São Paulo-SP. v. 70, p. 166-175, 2011;
18. BAI, X.; DIPPOLD, M. A.; NA, S.; WANG, B.; ZHANG, H.; LOEPPMANN, S. Extracellular enzyme activity and stoichiometry: The effect of soil microbial element limitation during leaf litter decomposition. *Ecological Indicators*. v. 121, 2020;
19. BARISAUX, M. How have environmental concepts reshaped the agroforestry concept? *Bois et Forêts des Tropiques*, v. 1, n. 331, p. 5-17, 2017;
20. BEILHE, L. B.; ROUDINE, S.; PEREZ, J. A. Q.; ALLINNE, C.; DAOUT, D.; MAUXION, R.; CARVAL, D. Pest-regulating networks of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in agroforestry systems, *Crop Protection*, v. 131, 2020.
21. BETTIOL, W.; GHINI, R. Controle físico de doenças e de plantas invasoras. In: CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. (Org.). *Métodos alternativos de controle fitossanitário*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 165-189, 2003;
22. BETTIOL, W.; GHINI, R.; MORANDI, M. A. B. Alguns métodos alternativos para o controle de doenças de plantas disponíveis no Brasil. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. (ed). *Controle alternativo de pragas e doenças*. Viçosa, MG: EPAMIG/CTZM, p. 163-183, 2005;
23. BETTIOL, W.; GHINI, R.; MORANDI, M. A. B.; STADNIK, M. J.; KRAUSS, U.; STEFANOVA, M.; PRADO, A. M. C. Controle biológico de doenças de plantas na América latina. In: ALVES, S. B.; LOPES, R. B. (Eds.) *Controle microbiano de pragas na América Latina*. Avanços e desafios. Piracicaba: FEALQ, p. 303-331, 2008;
24. BINI, Daniel; LOPEZ, M. V.; CARDOSO, E. J. B. N. Metabolismo Microbiano. In: Cardoso, E. J. B. N.; Andreote, F. D. (Org.). *Microbiologia do solo*. 2ed. Piracicaba: ESALQ, 2016, v. 2, p. 61-80;
25. BOMBARDI, Larissa Mies. *Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia*. 1 ed. São Paulo: Laboratório de Geografia Agrária, v. 1, 296 p, 2017;
26. BORGES, Igo Marinho Serafim et al. Análise de sustentabilidade da agricultura familiar em um sistema de agroflorestamento (SAF) em Alagoa Nova. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 6, p. 57963228, 2020;
27. BORGES, A. F.; ALCÂNTARA NETO, F.; MATOS, K. da S.; BESERRA JÚNIOR, J. E. A.; MASSOLA JÚNIOR, N. S.; MOREIRA, S. I.; MELO, M. P. de. *Thielaviopsis ethacetica* the etiological agent of sugarcane pineapple sett rot disease in Brazil. *Trop. plant pathol.* v. 44, p. 460-467, 2019; <https://doi.org/10.1007/s40858-019-00298-9>.
28. CASTRO, M.; ROSATI, A.; PANTERA, A.; MORENO, G.; MOSQUERA LOSADA, M. R. Sistemas agroflorestais mediterrânicos: situação atual e perspectivas futuras. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V.

- A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (Eds.) *ILPF: Inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*. 1ª ed. Brasília-DF: Embrapa, p. 787-807. ISBN 978-85-7035-922-3. 2019;
29. CHAUVET, Xavier Dominique Marie. *Uso de sistema agroflorestal na de implantação de Reserva Legal*. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2017;
30. CHIARAMONTE, J. B.; MENDES, L. W.; MENDES, R. Rhizosphere Microbiome and Soil-Borne Diseases. In: GUPTA, V. V. S. R.; SHARMA, A. K. (Org.) *Rhizosphere Biology: Interactions Between Microbes and Plants*. Rhizosphere Biology. Springer, Singapore. p. 155-168. 2020 https://doi.org/10.1007/978-981-15-6125-2_7;
31. CORREIA, K. C.; MICHEREFF, S. J. Fundamentos e desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos. In: Lopes, U. P.; Michereff, S. J. (Org.). *Desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos*. 1ed. Recife: EDUFRPE, v. 1, p. 1-16. 2018;
32. CORREIA, R. M. et al. Analysis of Robusta coffee cultivated in agroforestry systems (AFS) by ESI-FT-ICR MS and portable NIR associated with sensory analysis, *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 94, 2020;
33. CORSEUIL, Elio. Controle biológico. Entomologia – *Temas didáticos*, n. 1. Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<http://corseuil.com/CBiol-2007.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2020;
34. COSTA, Rodrigo Veras da, et al. *Macrophomina phaseolina* em milho safrinha: levantamento da incidência e perdas na produtividade no Estado do Tocantins. Sete Lagoas. Embrapa Milho e Sorgo, (*Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 202). 2019;
35. CRUZ, Roberta et al. Efeitos da antropização na comunidade de fungos filamentosos do Parque Nacional do Catimbau. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, v. 41, e0160373, 2017. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20160373>;
36. CRUZ, Sandra Maria da Costa et al. Supressividade por incorporação de resíduo de leguminosas no controle da fusariose do tomateiro. *Summa phytopathol.* Botucatu, v. 39, n. 3, p. 180-185, 2013;
37. DAHLKE, I.; GUERRA, D.; SOUZA, E. L.; LANZANOVA, M. E.; BOHRER, R. E. G.; RAMIRES, M. F.. Desempenho produtivo do tomateiro sob cultivo protegido utilizando caldas agroecológicas. *Cultura Agronômica*, Unesp. Ilha Solteira, v. 28, p. 204-2014, 2019;
38. DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M. DE; RIBEIRO, R. DE L. D. Crescimento do guanandi e produção de mandioca e araruta em sistemas agroflorestais. *Revista Verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, v. 14, n. 2, p. 303-311, 2019;
39. DURAND-BESSART, C.; TIXIER, P.; QUINTEROS, A.; ANDREOTTI, F.; RAPIDEL, B.; TAUVEL, C.; ALLINNE, C. Analysis of interactions amongst shade trees, coffee foliar diseases and coffee yield in multistrata agroforestry systems, *Crop Protection*, v. 133, 2020;
40. ELLIOTT, A. P.; PHIPPS, P. M.; TERRILL, R. Effects of continuous cropping of resistant and susceptible cultivars on reproduction potentials of *Heterodera glycines* and *Globodera-tabacum solanacearum*. *Journal of Nematology*, v. 18 p. 375-379, 1986;
41. EWERT, M. et al. Sistemas agroflorestais multiestrata e a legislação ambiental brasileira: desafios e soluções. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 36, p. 95-114, 2016;

42. FERNANDES, S. G., MACHADO, C. T. T., LOPES, V., VILELA, M. F., FERNANDES, L. A. *Fungos micorrízicos arbusculares em áreas de agricultores familiares da comunidade água boa 2, Rio Pardo de Minas, MG*. Planaltina, DF. Embrapa Cerrados, 28p. 2010;
43. FIDELIS, M. L.; SANTOS, E.; BARBOSA, G. R. *Os potenciais impactos dos principais agrotóxicos utilizados na comunidade da Barra Bonita II no município de Cerro Azul-Paraná*. In: XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2020. São Cristóvão, Sergipe. *Anais. XI Congresso Brasileiro de Agroecologia*, São Cristóvão, Sergipe. v. 15, n. 2, 2020; Disponível em: <<http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/5107/2604>> Acesso em: 07/11/2020.
44. FROUFE, Luís Cláudio Maranhão et al. Nutrient cycling from leaf litter in multistrata successional agroforestry systems and natural regeneration at Brazilian Atlantic Rainforest Biome. *Agroforest Syst.* v. 94, 159-171, 2020;
45. GALLI, Ferdinando. *Microrganismos do solo*. An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba, v. 21, p. 247-252, 1964; Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0071-2761964000100021&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 20 out. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0071-2761964000100021>.
46. GHINI, R.; DOMINGUES, F.; BETTIOL, W. Casca de camarão para o controle de Murcha de Fusarium em gengibre. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, (*Circular Técnica da Embrapa*). 2006;
47. GOMES, L. C.; BIANCHI, F. J. J. A.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES, R. B. A.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHULTE, R. P. O.; Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: A spatially explicit assessment in Brazil, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 294, 2020;
48. GOULART, I. C. G.; OLIVAL, A. de A.; VIDAL, E. Fatores relacionados à adoção de práticas de manejo em sistemas agroflorestais sucessionais na região Norte de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 11, n. 3, 2016;
49. GOWRI, S.; THANGARAJ, R. Studies on the toxic effects of pesticides agroquímicos (monocrotófos) no comportamento fisiológico e reprodutivo de indígenas espécies de minhocas exóticas. *International Journal of Environmental Health Research*. v. 30, 2019;
50. HALPERN, H. C.; BELL, A. A.; WAGNER, T. A.; LIU, J.; NICHOLS, R. L.; OLVEY, J.; WOODWARD, J. E.; SANOGO, S.; JONES, C. A.; CHAN, C. T.; BREWER, M.T. First Report of *Fusarium* Wilt of Cotton Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* Race 4 in Texas, U.S.A. *Plant Disease*, v. 102, n. 2, p. 446, 2018;
51. HENRIQUES, Fernando Santos. The green revolution and the molecular biology. *Rev. de Ciências Agrárias*, Lisboa, v. 32, n. 2, p. 245-254, 2009;
52. HILLOCKS, R. J.; WALLER, J. M. Soilborne diseases and their importance in tropical agriculture. In: Hillocks, R. J. & Waller, J. M. (Eds.) *Soilborne Diseases of Tropical Crops*. Wallingford. CAB International., p. 3-16 1997;
53. HENRIQUE, F. H.; CARBONELL, S. A. M.; ITO, M. F.; GONÇALVES, J. G. R.; SASSERON, G. R.; CHIORATO, A. F. Classificação das raças fisiológicas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* em feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, v. 74, n. 1, p. 84-92, 2015.
54. HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para

- a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados, 80p. (**Documentos**, 283). 2007;
55. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes*. Publicações – 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2019_v46_br_informativo.pdf. Acesso em: 21 Nov. 2020.
56. JEZEER, R. E.; SANTOS, M. J.; VERWEIJ, P. A.; BOOT, R. G. A.; CLOUGH, Y.. Benefits for multiple ecosystem services in Peruvian coffee agroforestry systems without reducing yield, **Ecosystem Services**, v. 40, 2019;
57. JIE, Weiguang et al. Composição da comunidade de fungos da rizosfera afetados por *Funnelformis mosseae* em solo de cultivo contínuo de soja durante o período de muda. **Chil. j. agric. res.**, *Chillán*, v. 79, n. 3, p. 356-365, 2019;
58. LABORDA, Laysa de Paiva et al. Incorporação de biomassa de fabáceas ao substrato de plantio para controle da podridão-de-escleródio (*Sclerotium rolfsii*) em cubiu (*Solanum sessiliflorum*). **Summa phytopathol.** Botucatu, v. 45, n. 4, p. 399-405, 2019;
59. LANUBILE, A.; MUPPIRALA, U. K.; SEVERIN, A. J.; MAROCCO, A.; MUNKVOLDEt, G. P. Transcriptome profiling of soybean (*Glycine max*) roots challenged with pathogenic and non-pathogenic isolates of *Fusarium oxysporum*. **BMC Genomics**. v. 16, 2015; <https://doi.org/10.1186/s12864-015-2318-2>.
60. LAUDARES, Sarita Soraia de Alcântara et al. Agroforestry as a sustainable alternative for environmental regularization of rural consolidated occupations. **CERNE**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 161-174, 2017;
61. LI, P.; LIU, J.; JIANG, C.; WU, M.; LIU, M.; WEI, S.; QIU, C.; LI, G.; XU, C.; LI, Z.. Trade-off between potential phytopathogenic and non-phytopathogenic fungi in the peanut monoculture cultivation system. **Applied Soil Ecology**. v. 148, 2020;
62. Ling, N.; Song, Y.; Raza, W.; Huang, Q.; Guo, S.; Shen, Q. The response of root-associated bacterial community to the grafting of watermelon. **Plant Soil**, v. 391, p. 253-264, 2015;
63. LOBO JUNIOR, M.; MACHADO-ROSA, T. A.; GERALDINE, A. M. Uso de Trichoderma na cultura do feijão-comum. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. (Org.) **Trichoderma uso na agricultura**. 1ed. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, p. 393-406, 2019;
64. LOMBA, I. M. S.; CASTRO, M. T. Levantamento de doenças fúngicas em espécies agrônômicas de um sistema agroflorestal do Distrito Federal. **Re.C.E.F.**, v. 29, n. 1, 2017;
65. LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. de. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Debate**. Rio de Janeiro, v. 42, n. 117, p. 518-534, 2018;
66. MACHADO, Daniele Franco Martins et al. Trichoderma no Brasil: o fungo e o bioagente. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 35, n. 1, p. 274-288, 2012;
67. MANFIO, Gilson Paulo. Microbiota. In: LEWINSOHN, Thomas Michael. (Org.). **Avaliação do Estado do Conhecimento da Diversidade Biológica Brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. v. 2. 526p; Disponível:<https://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/Aval_Conhec_Vol1.pdf> Acesso em: 21 out. 2020.
68. MARTINS, Eliane Matos et al. O uso de sistemas agroflorestais diversificados na restauração florestal na mata atlântica. **Ciência florestal** (online), v. 29, p. 632, 2019;

69. MARTINS, J. C. R.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SANTOS, A. F.; NAGAI, M. A.. Produtividade de biomassa em sistemas agroflorestais e tradicionais no Cariri Paraibano. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.17, n. 6, p. 581–587, 2013;
70. MATOS, A. K. V. Revolução Verde, Biotecnologia e Tecnologias Alternativas. *Cadernos da FUCAMP*, v. 10, p. 1-17, 2010;
71. MERLE, I.; TIXIER, P.; FILHO, E. de M. V.; CILAS, C.; AVELINO, J. Forecast models of coffee leaf rust symptoms and signs based on identified microclimatic combinations in coffee-based agroforestry systems in Costa Rica, *Crop Protection*, v. 130, 2020;
72. MICHEREFF, S. J. *Fundamentos de fitopatologia*. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia - Área de Fitossanidade, Recife-PE, 2001;
73. MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; PERUCH, L. A. M.; MENEZES, M. Importância dos patógenos e das doenças radiculares em solos tropicais. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Eds.). *Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais*. Recife: Imprensa Universitária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, p. 1-18, 2005;
74. MONTEIRO, M. C. P., ALVES, N. M., QUEIROZ, M. V., DE PINHO, D. B., PEREIRA, O. L., SOUZA, S. M. C., et al. Antimicrobial activity of endophytic fungi from coffee plants. *Biosci. J.* v. 33, n. 2 p. 381-389, 2017. doi: 10.14393/BJ-v33n2-34494
75. MONTOYA, L. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Estado da arte dos sistemas agroflorestais na região sul do BRASIL. In: Congresso brasileiro sobre ecossistemas agroflorestais. 1., 1994, Porto Velho. *Anais...* Colombo: Embrapa-CNPQ, 1994. p.77-96. (Documentos, 27), p. 77–96, 1994.
76. MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: Editora UFLA, 626p, 2002;
77. MOREIRA, F. M.S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2 ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 729p, 2006;
78. MUELLER, N. D.; LASSALETТА, L.; RUNCK, B. C.; BILLEN, G.; GARNIER, J.; GERBER, J. S. Declining spatial efficiency of global cropland nitrogen allocation, *Global Biogeochem. Cycles*, v. 31, p. 245-257, 2017;
79. NAIR, P. K. R. *An introduction to agroforestry*. Kluwer Academic Publishers, 499 p. 1993.
80. NEHRA, M.; DILBAGHI, N.; MARRAZZA, G.; KAUSHIK, A.; SONNE, C.; KIM, K. H.; KUMAR, S. Emerging nanobiotechnology in agriculture for the management of pesticide residues, *Journal of Hazardous Materials*, v. 401, 2020;
81. NEUWIRTHOVÁ, N.; BÍLKOVÁ, Z.; VAŠÍČKOVÁ, J.; HOFMAN, J.; BIELSKÁ, L. Concentration/time-dependent dissipation, partitioning and plant accumulation of hazardous current-used pesticides and 2-hydroxyatrazine in sand and soil. *Chemosphere*, v. 203, p. 219-227, 2018;
82. NÓBREGA R. S. A. et al. Caracterização fenotípica e diversidade de bactérias diazotróficas associativas isoladas de solos em reabilitação após a mineração de bauxita. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 269-279, 2004;
83. OLIVEIRA, T. J. F. et al. Consórcio de espécies nativas da mata atlântica com milho e feijão para revegetação de mata ciliar na região noroeste fluminense. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 46, n. 3, p. 315-324, 2016;

84. PAULA, P. D. et al.. Decomposição das podas das leguminosas arbóreas *Gliricidia sepium* e *Acacia angustissima* em um sistema agroflorestal. **Ciência Florestal**. v. 25, p. 791-800, 2015;
85. PAULA, R. C.; PAULA, N. F. Sistemas Agroflorestais. In: VALERI, S. V. et al. (Eds.). **Manejo e recuperação Florestal**. Jaboticabal, Funep. 180p, 2003;
86. PETERSEN, P.; WEID, J. M. V. D.; FERNANDES, G. B. Agroecologia: reconciliando agricultura e natureza. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 30, n. 252, 2009;
87. PINTO, Z. V.; BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. Efeito de casca de camarão, hidrolisado de peixe e quitosana no controle da murcha de *Fusarium oxysporum* f.sp. *chrysanthemi* em crisântemo. **Trop. plant pathol**. Brasília, v. 35, n. 1, p. 16-23, 2010;
88. PINTO, Z. V.; LUCON, C. M. M.; BETTIOL, W. Controle de qualidade de produtos biológicos à base de Trichoderma. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. (Org.) **Trichoderma uso na agricultura**. 1ed. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, p. 275-295, 2019;
89. POKHAREL, R. R.; ZIMMERMAN, R. Impact of organic and conventional peach and apple production practices on soil microbial populations and plant nutrients. **Org. Agr.** v. 6, p. 19-30, 2016;
90. PORTO, Maria Alice Formiga et al. Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) no controle da podridão radicular do meloeiro causada por associação de patógenos. **Summa phytopathol**. Botucatu, v. 42, n. 4, p. 327-332, 2016;
91. PRASAD, R. et al. Introduction to Mycorrhiza: Historical Development. In: Varma, A; Prasad, R.; Tuteja, N. (eds) *Mycorrhiza - Function, diversity, state of the art*. Springer, Cham, p. 1-8, 2017;
a. http://doi-org-443.webvpn.fjmu.edu.cn/10.1007/978-3-319-53064-2_1
92. RAKOTOVAO, N. H. et al. Carbon footprint of smallholder farms in Central Madagascar: The integration of agroecological practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 1165-1175, 2017;
93. RENKER, C.; HEINRICH, J.; KALDORF, M. et al. Combining nested PCR and restriction digest of the internal transcribed spacer region to characterize arbuscular mycorrhizal fungi on roots from the field. **Mycorrhiza**. v. 13, p. 191-198, 2003. <https://doi-org.ez31.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00572-002-0214-5>
94. RIBASKI, J.; MONTROYA, L. J.; RODIGHERI, H. R. Sistemas Agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 61-67, 2001;
95. RIGAL, C. et al. Coffee production during the transition period from monoculture to agroforestry systems in near optimal growing conditions, in Yunnan Province, **Agricultural Systems**, v. 177, 2020;
96. SÁENZ PÉREZ, C. A. et al. Principales enfermedades en cítricos. **Rev. Mex. Cienc. Agríc.** Texcoco, v. 10, n. 7, p. 1653-1665, 2019;
97. SILVA, C. F. B. et al. Uso do *Trichoderma* na cultura da banana. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. (Org.) **Trichoderma uso na agricultura**. 1ed. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, p. 433-444, 2019;
98. SILVESTRIL, K. I.; SILVA, C. M. da. Do local ao global: a revolução verde e as mudanças socioambientais no oeste catarinense (1960-1980). In: IX Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica - IX JIC, 2019, Cerro Largo. **Anais da IX Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica - IX JIC**, 2019. v. 1. p. 1-4.
Disponível em:

- <https://portaleventos.uffs.edu.br/index.php/JORNADA/article/view/11669>, acesso em: 05/11/2020.
99. SINDIVEG – Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal. Registro de agroquímicos no Brasil, São Paulo. 2020. Disponível em: <<https://sindiveg.org.br/registro-de-agroquimicos-no-brasil/>>. Acesso em: 07/11/20.
 100. SMITH, S. E.; READ, D. J. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd ed. London: Academic Press, 145–187p, 2008;
 101. SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. *Mycologia*, v. 104, p.1-13, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.3852/11-229>.
 102. SOBRINHO, C. A.; SILVA, P. H. S.; DUARTE, R. L. R. Doenças da cultura da melancia e medidas de controle. In: SOUSA, V. F. de. et al. (Ed.). *Tecnologias para a produção de melancia irrigada na Baixada Maranhense*. São Luís: Embrapa Cocais, 2019;
 103. SOMARRIBA, E. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *Agroforestry Systems*, v. 19, n. 3, p. 233–240, 1992;
 104. SOUSA, M. A. de. et al. Incidência de doença no feijão-caupi submetido a diferentes doses de biofertilizante. *Holos Environment* (Online), v. 20, p. 352-360, 2020;
 105. SOUZA, M. T. de.; SILVA, M. D. da.; CARVALHO, R. de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein* (São Paulo), v. 8(1), p. 102-106, 2010;
 106. STEFANELLO, L. et al. Manejo da podridão radicular da mandioca pela combinação de manejo de solo, variedade resistente e controle biológico com *Trichoderma harzianum*. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, v. 13, n. 1, p. 31-45, 2017.
 107. TEOTIA, P. et al. Mobilization of micronutrients by mycorrhizal fungi. In: Varma, A., Prasad, R.; Tuteja, N. (eds). *Mycorrhiza - Function, diversity, state of the art*. Springer, Cham., p. 9-26, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53064-2_2.
 108. TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J.; FERRARI, J.T. Doenças fúngicas de solo na cultura da batata: sintomas, etiologia e manejo. *Biológico*, v. 81, p. 1-24, 2019;
 109. VERGARA, C. et al. Plant-mycorrhizal fungi interaction and response to inoculation with different growth-promoting fungi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 54, e25140, 2019;
 110. VINHAL-FREITAS, I. C.; RODRIGUES, M. B. Fixação biológica do nitrogênio na cultura do milho. *Agropecuária Técnica* (UFPB), v. 31, p. 143-154, 2010;
 111. VISCONTI, A. et al. Métodos alternativos para o controle de fitopatógenos de solo – solarização e termoterapia. *Agropecuária Catarinense*, v. 29, n. 1, p. 32-35, 2016;
 112. WANG, B.; LI, R. et al. Pineapple-banana rotation reduced the amount of *Fusarium oxysporum* more than maize-banana rotation mainly through modulating fungal communities, *Soil Biol. Biochem.* v. 86, p. 77-86, 2015;
 113. WOO, S. L. et al. Trichoderma based products and their widespread use in agriculture. *The Open Mycology Journal*, v. 8, p. 71-126, 2014;

114. ZIMMERMANN, Cirlene Luiza. Monocultura e transgenia: impactos ambientais e insegurança alimentar. *Veredas do Direito*, Belo Horizonte, v. 6, n. 12, p.79-100, 2009.