



## Sistemas agroflorestais: um elo integrador entre recursos genéticos e serviços ambientais

Karine Louise dos Santos<sup>a</sup>, Sonia Purin da Cruz<sup>b</sup>, Julia Carina Niemeyer<sup>c</sup> Alexandre Siminski<sup>c</sup>

a Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Agricultura, Biodiversidade e Florestas, Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais. Rod. Ulysses Gaboardi CP 101, CEP: 89520-000, Curitiba, SC, Brasil. E-mail: karine.santos@ufsc.br

b Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Ciências Naturais e Sociais, Rod. Ulysses Gaboardi CP 101, CEP: 89520-000, Curitiba, SC, Brasil. E-mail: s.purin@ufsc.br

c Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Agricultura, Biodiversidade e Florestas, Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais. Rod. Ulysses Gaboardi CP 101, CEP: 89520-000, Curitiba, SC, Brasil. E-mail: julia.carina@ufsc.br, alexandre.siminski@ufsc.br

### Informação do artigo

Editor Chefe: R.F.A.Veiga  
Editor Nº Especial: F.V.D.Souza  
Ano: 2019  
Volume: 5  
Número: 1  
Página: 5-12

### Palavras-chave:

*Sistemas integrados de produção*  
*Recursos genéticos vegetais*  
*Recursos genéticos*  
*Microbianos*  
*Fauna do solo*  
*Conservação*

### RESUMO

Os modelos agrícolas produtivos hegemônicos estão baseados na simplificação dos agroecossistemas, o que acarreta em repercussões negativas sobre os recursos genéticos e serviços ecossistêmicos deles advindos. Com vistas a compatibilizar a produção e a conservação desses recursos, algumas formas de uso da terra e manejo do ambiente buscam reduzir os impactos antrópicos negativos. Nesse cenário, destacam-se os sistemas agroflorestais (SAFs), os quais podem ser geradores de benefícios e serviços ambientais, culturais e sociais. Todavia, apesar dessa relevância, discussões sobre o papel desses sistemas na conservação de recursos genéticos precisam ser aprofundadas. A contribuição desses sistemas para a conservação de recursos genéticos vai depender da sua estrutura, composição, manejo, aspectos culturais, econômicos e ambientais associados. De toda forma, um elemento crucial nesse processo é o solo. Assim, discussões sobre o elo de integração dos sistemas agroflorestais (recursos genéticos vegetais) com a microbiota e fauna edáfica, são essenciais para a perpetuação dos recursos genéticos e manutenção do homem nesses sistemas.

### ABSTRACT

**(Agroforestry systems: a link between genetic resources and environmental services)** Hegemonic productive models are based on simplification of agroecosystems, which has negative repercussions on their genetic resources and ecosystem services. In order to reconcile production and conservation of these resources, some forms of land use and environmental management aim to reduce negative human impacts. In this scenario, we highlight the agroforestry systems, which can be promoters of environmental, cultural and social benefits or services. However, despite this relevance, discussions about the role of these systems in the conservation of genetic resources must be expanded. The contribution of these systems to the conservation of genetic resources will depend on their structure, composition, management, cultural, economic and environmental aspects. However, the soil is a crucial element in this process, so discussions about the link between agroforestry systems (plant genetic resources), microbiota and soil fauna, are essential to agroecosystems resilience.

### Introdução

As estratégias produtivas hegemônicas estão baseadas na simplificação dos agroecossistemas onde estão inseridas, o que acarreta em desequilíbrios ecológicos com

repercussões sobre os recursos genéticos e serviços ecossistêmicos deles advindos.

Esse cenário é preocupante tendo em vista a relevância dos recursos genéticos em diferentes dimensões dos ecossistemas naturais e agrícolas. Tais recursos representam um alto valor biótico estratégico e de

segurança nacional, garantindo o bem estar de populações humanas. Ademais a demanda de recursos genéticos para atender às atividades agropecuárias industriais e tecnológicas é crescente, em especial com o advento das mudanças climáticas que colocam em cheque nosso sistema de produção e consumo (VILELA-MORALES; VALOIS, 2000; GUERRA et al. 2015).

Como propostas para compatibilizar a produção e a conservação desses recursos, surgem algumas formas de uso e manejo da terra que minimizam os impactos antrópicos negativos. Nesse cenário, destacam-se os sistemas agroflorestais (SAFs) (PIETERSEN et al., 2018) que são caracterizados por sistemas produtivos com composição e distribuição desenhadas para a promoção da (agro)biodiversidade. O elemento chave desse sistema é a presença de espécies arbóreas/florestais em conjunto com cultivos agrícolas e ou animais, sendo consorciados na mesma área ou em uma sequência temporal (NAIR, 1993). Todavia, diversas formas de vida, grupos botânicos, animais e microorganismos também compõem esses sistemas. Ao longo do tempo as definições de SAF evoluíram de um conceito notoriamente agrícola para conceitos que cada vez mais reconhecem e incorporam fatores ambientais, envolvendo inclusive questões sociais e econômicas (BARISAUX, 2017).

No mundo, aproximadamente 1,2 bilhão de pessoas praticam e dependem de sistemas agroflorestais por esses serem geradores de benefícios e serviços ambientais, culturais e sociais (FAO, 2017). Todavia, apesar dessa relevância, discussões sobre o papel desses sistemas na conservação de recursos genéticos precisam ser aprofundadas.

A promoção da diversidade, nos sistemas agroflorestais, se dá pelo fato de serem distribuídas espécies vegetais com diferentes arquiteturas favorecendo assim a ocupação de diferentes estratos/nichos, de forma a otimizar a ciclagem de nutrientes e aproveitamento da energia no agroecossistema (PALUDO; COSTABEBER, 2012). Ademais, essa diversidade também é reflexo do sistema de manejo adotado pelos agricultores, que com vistas a satisfazer suas necessidades de subsistência, culturais e econômicas, mantem a diversidade de espécies (PIETERSEN et al., 2018).

Dentre as diferentes propostas estruturais e de composição de sistemas agroflorestais, alguns apresentam um potencial maior de promoção e conservação de recursos genéticos, com destaque para os sistemas de agroflorestas sucessionais (ou biodiversos) e os quintais agroflorestais. Nesse contexto, se enquadram especialmente os que são desenvolvidos, implementados e

manejados segundo os princípios da agroecologia, seguindo a definição proposta pela Rede SAFAs para os Sistemas AgroFlorestais Agroecológicos (PARRA et al., 2018) (Figura 1). Essas propostas de sistemas além de oportunizarem a conservação dos recursos genéticos propriamente ditos, favorecem a manutenção dos processos ecológicos, culturais e sociais que geram e mantem esses recursos, bem como as populações humanas deles dependentes (ANDERSON; ZERRIFFI, 2012).



**Figura 1.** Sistema agroflorestal agroecológico para demonstração de estratégia de recuperação de reserva legal, estabelecido no Campus da UFSC/Curitibanos. Destaque para a cobertura verde mista de inverno, com vistas a recuperação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Pela forma como estão inseridos na paisagem, os SAFs dependem de serviços ambientais para manter-se em equilíbrio, mas também apresentam potencial para promover-los. Em um recente trabalho de revisão desenvolvido por Schuler (2018), 140 artigos científicos sobre SAF no Brasil foram analisados, e os resultados destacaram evidências científicas de efeitos positivos destes sistemas sobre a qualidade do solo e à provisão de habitat para diferentes espécies.

A contribuição desses sistemas para a conservação de recursos genéticos e serviços ecossistêmicos vai depender da sua estrutura, composição, manejo, aspectos culturais e econômicos, proximidade com remanescentes florestais naturais e da paisagem (CASSANO et al., 2009; SAMBUICHI et al., 2012, PIETERSEN et al., 2018). Nesse sentido, esse texto se propõe a discutir a potencialidade dos sistemas agroflorestais como elo integrador e promotor dos recursos genéticos vegetais, com ênfase na fauna e microbiota edáficas.

### **Sistemas agroflorestais e recursos genéticos vegetais**

Sistemas agroflorestais promovem habitat para espécies florestais, além de exercer a função de corredor ecológico e de zona tampão, minimizando assim os

impactos das ações antrópicas sobre remanescentes florestais e outros ecossistemas naturais (SAMBUICHI et al., 2012; STEENBOCK et al., 2013; SIDDIQUE; DIONISIO; SIMÕES-RAMOS, 2017).

Nesse contexto, os SAFs ganham força especialmente por acomodar parte dos conflitos existentes na questão produção agropecuária/florestal *versus* conservação de recursos naturais, como pode ser evidenciado no Novo Código Florestal (Lei 12.651/2012), que considera como de interesse social as atividades de manejo agroflorestal sustentável, e a Lei nº 12.854/2013, que fomenta e incentiva ações que promovam a recuperação florestal e a implantação de sistemas agroflorestais em áreas rurais (SIMINSKI; SANTOS; WENDT, 2016).

Alguns projetos apontam promissores resultados no uso dos SAFs como indutores da restauração ecológica para recomposição de áreas degradadas, inclusive de Reservas Legais e Áreas de Preservação Permanente (APPs) (SEOANE et al., 2015; BOHN et al., 2016; MICCOLIS et al., 2016; RIGO; SANTOS; SIMINSKI, 2017). Assim, o emprego prioritário de espécies que apresentem características para serem utilizadas quando se busca restauração através do potencial ecológico e os aspectos socioeconômicos pode favorecer a conciliação entre a necessidade de conservação e a promoção do uso dos recursos genéticos por parte dos agricultores (SIMINSKI; DIONISIO; SIMOES-RAMOS, 2016) (Figura 2).



**Figura 2.** Mutirão de implantação de sistema agroflorestal com base em espécies de ocorrência natural na Floresta Ombrófila Mista (Curitibanos/SC). Destaque para a cobertura verde mista de inverno.

No Brasil a iniciativa “Plantas para o Futuro” buscou identificar as espécies da flora brasileira de uso atual ou potencial, ampliando o conhecimento sobre cada uma delas, e despertando a preocupação pública sobre as

questões relacionadas à conservação e à promoção do uso das espécies nativas (CORADIN et al., 2011; VIEIRA et al., 2016). Seus resultados apontam centenas de espécies que apresentam potencial de integrar as iniciativas de SAFs com viés de conservação pelo uso.

Iniciativas agroflorestais agroecológicas como da Cooperafloresta (STEENBOCK et al., 2013) e da Rede SAFAs (SIDDIQUE; DIONISIO; SIMOES-RAMOS, 2017) trazem para o diálogo, a estreita relação das comunidades com seus recursos agroalimentares, e o papel determinante do envolvimento e empoderamento das pessoas para sua soberania alimentar. Mesmo reconhecendo que existem limitações no conhecimento sobre o papel das agroflorestas em conservar a biodiversidade (JONER, 2017), seu incentivo também busca resgatar os ecossistemas naturais como parte integrante das estratégias produtivas.

### Sistemas agroflorestais e microbiologia do solo

O solo é a parte da biosfera que sustenta a maior diversidade microbiana. Nele, dois grupos principais de microrganismos se destacam em termos de número e riqueza de espécies: fungos e bactérias, que em conjunto representam mais de 90% da biomassa microbiana do solo (SIX et al., 2006). Bactérias e fungos exercem papéis, principalmente dentro do primeiro e segundo nível da cadeia trófica, que são indispensáveis para a sustentabilidade de sistemas agrícolas e florestais (NEHER, 1999).

No primeiro nível, destaca-se a atividade fotossintetizante, exercida por bactérias, e também da fixação biológica de nitrogênio. Através da autotrofia, os microrganismos auxiliam no sequestro de carbono e troca de gases entre componentes da biosfera. Com isso, ajudam também a manter a estrutura física do solo: maior aporte de carbono resulta em maior quantidade de carbono sequestrado, mais agentes orgânicos cimentantes e, por consequência, maior estabilidade. Exemplos de grupos de bactérias autótrofas incluem espécies do gênero *Nitrobacter* (responsáveis pela nitrificação autotrófica), bem como *Methylobacterium*, *Belnapia*, *Muricoccus* e *Sphingomonas*. Porém estudos a respeito de sua ocorrência e diversidade são escassos (BOER; KOWALCHUK, 2001; CSOTONYI et al., 2010).

Em relação a fixação biológica de nitrogênio, as bactérias nodulantes merecem destaque pelo seu papel em auxiliar no estabelecimento de espécies de leguminosas em SAFs, bem como em diversos outros cenários. As leguminosas são frequentemente escolhidas para melhorar a qualidade físico-química do solo e também acelerar o

processo de estabelecimento florestal (FRANCO; RESENDE; CAMPELLO, 2003), porém o crescimento satisfatório dessas plantas depende de certos grupos de bactérias no solo que são conhecidos como rizóbios, e taxonomicamente pertencem a gêneros como *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. O estudo de Lima, Pereira, Moreira (2005) avaliou várias estirpes de bactérias isoladas a partir de SAFs e monocultivo. Nele, a eficiência dessas bactérias foi mensurada em comparação com estirpes de referência. Duas delas, isoladas a partir de sistemas agroflorestais, promoveram médias de 552 e 707 nódulos por planta, valores estatisticamente iguais ao obtido com a estirpe de referência, que foi de 871. Bactérias oriundas de uma área de monocultivo com feijão e arroz, por exemplo, estabeleceram apenas 310 e 369 nódulos, respectivamente. Sabendo-se que a nodulação é determinante do estabelecimento de leguminosas, estas informações sugerem que o sistema agroflorestal seria o que mais indicado para o crescimento inicial, como para a nutrição dessas espécies. Essa sugestão é corroborada pelos valores de nitrogênio absorvido pelo tecido vegetal. As duas estirpes isoladas a partir de sistemas agroflorestais promoveram um aporte de nitrogênio de 0,41 e 0,49 g por planta, valores iguais aos resultantes da inoculação com a estirpe de referência (0,49 g por planta). Já bactérias oriundas de uma área de monocultivo com mandioca e feijão, por exemplo, tiveram estes valores reduzidos para 0,12 e 0,15, respectivamente.

No segundo nível da cadeia trófica, destacam-se as atividades de mutualismo, parasitismo e decomposição. Estas podem ser exercidas tanto por fungos como bactérias. Através dessas atividades, os microrganismos auxiliam no processo de ciclagem de nutrientes, na supressão de doenças de plantas e na promoção de crescimento vegetal. É importante ainda salientar que a maioria dos microrganismos presentes no solo é estudada como fonte de antibióticos usados na medicina, principalmente o gênero *Streptomyces* (ARORA et al., 2018).

Em relação a associações mutualísticas, um dos principais grupos compreende os fungos micorrízicos arbusculares. Estes microrganismos são biotróficos obrigatórios, e devido a essa característica eles têm sua ocorrência e atividade diretamente influenciadas pela presença de certas espécies de plantas hospedeiras. Assim, a prática de converter sistemas agrícolas em agroflorestais, pelo fato de aumentar a riqueza de espécies vegetais, traz benefícios diretos para este grupo microbiano.

Um dos estudos mais recentes sobre este tópico foi conduzido na Etiópia por Birhane et al. (2018). Os autores avaliaram os efeitos da integração de uma leguminosa (*Faidherbia albida*) em áreas anteriormente cultivadas apenas com sorgo. Observou-se uma redução significativa da infestação de sorgo por *Striga hermonthica*, parasita de raízes que diminui a produtividade desta gramínea. A inibição da atividade parasítica ocorreu pelo aumento da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares, promovida pela leguminosa. A ocorrência de *Striga* em áreas apenas com sorgo foi de 41 indivíduos a cada 15m<sup>2</sup>, porém quando ela foi avaliada em área de sistema agroflorestal, este valor mudou para menos de 1 indivíduo, em média. Concomitantemente, a comunidade micorrízica foi beneficiada: o número de esporos de fungos aumentou de 29 para 69/ 100g de solo. Estas duas variáveis estiveram negativamente correlacionadas, evidenciando uma atividade de supressão muito importante. Ela refletiu na produtividade do sorgo, que no sistema de monocultivo foi de 2,35 ton ha<sup>-1</sup>, enquanto no SAF ela foi de 4,45 ton ha<sup>-1</sup>. Este estudo demonstra, claramente, um dos exemplos mais impactantes dos SAFs sobre a comunidade fúngica do solo.

A atividade de decomposição microbiana no solo, por sua vez, é exercida tanto por fungos como bactérias. No Brasil, este tópico vem sendo alvo de alguns estudos. Bueno et al. (2018) avaliaram a comunidade microbiana em sistemas de SAFs localizados no Paraná. Em um deles, o sistema havia sido recentemente introduzido, enquanto em outro o SAF já estava implantado há 2 anos. No primeiro sistema, a quantidade de fungos foi de 10<sup>5</sup> por grama de solo, aumentando para 10<sup>8</sup> no segundo. Além disso, o número de bactérias produtoras de celulase também foi alterado de 10<sup>5</sup> para 10<sup>8</sup>. A melhoria da densidade destas bactérias indica uma maior atividade decompositora e, conseqüentemente, maior ciclagem de nutrientes no solo, sustentando assim maior capacidade produtiva dos sistemas agroflorestais.

Assis Junior (2003) conduziu em Minas Gerais um estudo para avaliar o processo de decomposição da matéria orgânica através da quantidade de CO<sub>2</sub> emitida. Dentre os sistemas avaliados, destacaram-se os valores encontrados para o arroz em monocultivo (201 mg de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) quando contrastado com a eucalipto em SAF (284 201 mg de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). Esta diferença reflete um significativo aumento de 41% na atividade biológica. Um estudo de natureza semelhante foi conduzido por Pizarico et al. (2013) no Mato Grosso do Sul. As áreas de SAFs foram as únicas que apresentaram valores de atividade microbiana iguais aos encontrados em mata nativa (média



de 21  $\mu\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$  de C-CO<sub>2</sub>). Já os locais com lavoura e plantios de erva-mate apresentaram valores estatisticamente menores de atividade microbiana, que variaram entre 11 e 13  $\mu\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$  de C-CO<sub>2</sub>). Estes dados apontam para o impacto positivo dos SAFs na atividade decompositora exercida pela microbiota edáfica.

### Sistemas agroflorestais e invertebrados do solo

Os invertebrados do solo participam de forma crucial para a ciclagem dos nutrientes, estrutura do solo e controle biológico, e por isso, a qualidade do solo nos SAFs também depende da presença destes organismos.

Os organismos do solo não só influenciam uma série de funções ecossistêmicas, como também interagem uns com os outros direta ou indiretamente, a partir de relações de competição, facilitação, mutualismo, patogenicidade ou predação. Todas essas relações são influenciadas pelos fatores ambientais como clima, tipo e uso de solo, e também pela composição vegetal.

As espécies de árvores presentes têm influência direta sobre a fauna e sobre as condições abióticas no solo (BEHRE; RETTA, 2015). As árvores influenciam as propriedades do solo de diversas formas: pela entrada de material orgânico pela produção de biomassa, quer seja pela queda de folhíço ou pela morte das raízes; aumentam a captura de água da chuva; contribuem para o aumento das concentrações de N pela associação com bactérias fixadoras; as propriedades físicas e químicas das suas folhas, casca, galhos, raízes influenciam a disponibilidade de nutrientes devido à sua composição, influenciando a atividade dos organismos decompositores; e a sombra de suas copas e a deposição de folhíço melhoram as condições microclimáticas no solo, como menor alteração da temperatura e umidade (RHOADES, 1997).

Em geral, o solo próximo às árvores é um reservatório de nutrientes que influencia a comunidade e o funcionamento do ecossistema, além de contribuir para o sequestro de carbono. Nestes locais, a tendência é ter maior atividade biológica, incluindo a dos engenheiros de ecossistema, como são chamados os organismos que influenciam a estrutura física do solo, contribuindo inclusive com a formação de habitat para outros organismos do solo (LAVELLE et al., 2006). Entre eles estão as minhocas, cupins e formigas. Com a atividade destes organismos, aumenta a porosidade do solo e diminui sua densidade, melhorando a aeração, infiltração de água, expansão das raízes, e o fluxo dos nutrientes da superfície para dentro do solo. Assim, a atividade destes organismos exerce um “feedback positivo” que favorece o estabelecimento de plantas e a produtividade vegetal. A

atividade destes organismos, sua excreção e a secreção de substâncias contribui de forma direta e indireta (pela maior atividade microbiana) para a estabilidade de agregados, diminuindo assim as chances de erosão ou perda de nutrientes (BOTTINELLI et al., 2015; ORGIAZZI et al., 2016).

Vários estudos têm mostrado que as espécies de árvores contribuem de forma diferente para a biodiversidade no solo. Enquanto a revegetação com leguminosas arbóreas teve influência positiva sobre a estruturação e diversidade da comunidade da macrofauna em estudos no Rio de Janeiro (BIANCHI et al., 2017), outros estudos têm demonstrado que espécies que possuem alelopatia, ou cuja composição das folhas seja de difícil degradação, como por exemplo espécies do gênero *Pinus* ou *Eucalyptus*, podem ter efeitos negativos sobre a fauna do solo (MARTINS et al., 2013). Espécies de árvores ricas em cálcio também foram associadas com um aumento na diversidade e abundância de minhocas, bem como aumento do pH, cálcio trocável, saturação de bases e taxa de ciclagem de nutrientes (REICH et al., 2005).

O tipo de arranjo do SAF também influencia a presença ou ausência de alguns grupos de fauna do solo, como por exemplo, em estudo na Amazônia Colombiana, o arranjo mais complexo, ou seja, com mais espécies de árvores, garantiu maior diversidade de recursos para a fauna mesmo no período mais seco (SALAZAR; BAUTISTA; PATIÑO, 2015). Alguns grupos são muito dependentes da umidade do solo, e isso explica estes resultados. Por isso, a manutenção do microclima favorável no solo e a retenção de água são fatores importantes para manter a diversidade no solo e as funções que estes organismos desempenham.

A avaliação da fauna do solo nos SAFs pode ser feita avaliando a diversidade de espécies ou de grupos funcionais, a partir da determinação da riqueza e abundância de cada morfoespécie ou grupo, ou mesmo avaliando a atividade alimentar da fauna do solo. Podemos interpretar que, quanto maior a diversidade de espécies e grupos funcionais, maior a resistência e resiliência do sistema às perturbações, e melhor o funcionamento do ecossistema, nomeadamente na melhora das condições físicas (estrutura do solo), químicas (ciclagem e disponibilidade de nutrientes para as plantas) e biológicas (controle biológico, atividade microbiana). A abundância de organismos predadores também pode indicar um adequado fluxo de energia e indica condições abióticas favoráveis no solo (ROUSSEAU et al., 2012).

## Considerações Finais

O entendimento das relações entre cada espécie vegetal, o solo e a fauna do solo, bem como, das relações que nós seres humanos estabelecemos com os sistemas, quer seja na definição de sua composição ou no seu manejo; são de fundamental importância para os agricultores e profissionais que se preocupam em manter ou aumentar a produtividade e garantir a manutenção dos recursos genéticos.

Nesse sentido, nosso grupo de trabalho vem desenvolvendo estudos que visam elucidar, em especial para as condições da Floresta de Araucária, os principais fatores de interferem sobre os Sistemas Agroflorestais, sua

composição, objetivo (conservação ou produção), e influências que limitam a adoção desses sistemas pelos produtores rurais.

As informações aqui levantadas não sugerem a substituição de ecossistemas naturais florestais por SAFs; no entanto o que queremos enfatizar é que a promoção de sistemas agroflorestais em ecossistemas já alterados ou degradados favorece uma matriz mais diversificada, promovendo a conservação de recursos genéticos, além de mais serviços ecossistêmicos, os quais são de extrema importância para a manutenção dos ecossistemas agrícolas e naturais.

## Referências

- ANDERSON, E.K.; ZERRIFFI, H. Seeing the trees for the carbon: agroforestry for development and carbon mitigation. **Climatic Change**, v. 115, p. 741-757, 2012.
- ARORA, N.; KUMAR, S.; SATTI, N.K.; ALI, A.; GUPTA, P.; KATOCH, M. A strain of *Streptomyces* sp. isolated from rhizospheric soil of *Crataegus oxyacantha* producing nalidixic acid, a synthetic antibiotic. **Journal of Applied Microbiology**, v. 124, p. 1393-1400, 2018.
- ASSIS JÚNIOR, S.L.; ZANUNCIO, J.C.; KASUYA, M.C.M.; COUTO, L.; MELIDO, R.C.N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, v. 27, p. 35-41, 2003.
- BARISAUX, M. How have environmental concepts reshaped the agroforestry concept? **Bois et forêts des tropiques**, v. 1, p. 5-17, 2017.
- BEHRE, D.H.; RETTA, A.N. Soil Improvement by Trees and Crop Production under Tropical Agroforestry Systems: A Review. **Merit Research Journal of Agricultural Science and Soil Sciences**, v. 3, p. 18-28, 2015.
- BIANCHI, M.; SCORIZA, R. N.; RESENDE, A. S., CAMPELLO, E. F. C.; M. E. F., SILVA, M. R. Macrofauna edáfica como indicadora em revegetação com leguminosas arbóreas. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e00085714, 2017.
- BIRHANE, E.; GEBREMESKEL K.; TADDESSE, T.; HAILEMARIAM, M.; HADGU, K.M.; NORRGROVE, L.; NEGUSSIE, A. Integrating *Faidherbia albida* trees into a sorghum field reduces striga infestation and improves mycorrhiza spore density and colonization. **Agroforestry Systems**, v. 92, p. 643-653, 2018.
- BOER, W.; KOWALCHUK, G.A. Nitrification in acid soils: micro-organisms and mechanisms. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, p. 853-866, 2001.
- BOHN, V.; SIMINSKI, A.; SANTOS, K. L.; JONER, F. Sistemas agroflorestais na restauração ambiental: limitação ao uso de espécies exóticas invasoras. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2016, Cuiaba. **Anais ... Cuiaba: Sociedade Brasileira de Sistemas agroflorestais**, 2016.
- BOTTINELLI, N.; JOUQUET, P.; CAPOWIEZ, Y.; PODWOJEWSKI, P.; GRIMALDI, M.; PENG, X. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? **Soil and Tillage Research**, v. 146, p. 118-124, 2015.
- BRASIL. **Código Florestal**. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 20 de agosto de 2018.
- BRASIL. Lei Nº 12.854, de 26 de agosto de 2013. Fomenta e incentiva ações que promovam a recuperação florestal e a implantação de sistemas agroflorestais em áreas rurais desapropriadas e em áreas degradadas, nos casos que especifica.

Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/CCIVIL\\_03/\\_Ato2011-2014/2013/Lei/L12854.htm](http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12854.htm)>. Acesso em: 20 de agosto de 2018.

BUENO, P.A.A.; OLIVEIRA, V.M.T.; GUALDI, B.L.; SILVEIRA, P.H.N.; PEREIRA, R.G.; FREITAS, C.E.S.; BUENO, R.O.; SEKINE, E.S.; SCHWARCZ, K.D. Indicadores microbiológicos de qualidade do solo em recuperação de um sistema agroflorestal. **Acta Brasiliensis**, v. 2, p. 40-44, 2018.

CASSANO, C.R.; SCHROTH, G.; FARIA, D.; BEDE, L.C. Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. **Biodiversity Conservation**, v. 18, p. 577-603, 2009.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região sul**. Brasília: MMA, 2011. 934p.

CSOTONYI, J.T.; SWIDERSKI, J.; STACKEBRANDT, E.; YURKOV, V. A new environment for aerobic anoxygenic phototrophic bacteria: biological soil crusts. **Environmental Microbiology Reports**, v. 2, p. 651-656, 2010.

FRANCO, A.A.; RESENDE, A.S.; CAMPELLO, E.F.C. Importância das leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas agroflorestais. In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2003, Campo Grande, MS. **Palestras...** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 24 f. 1 CD ROM.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS ROME - FAO. **Agroforestry for landscape restoration: Exploring the potential of agroforestry to enhance the sustainability and resilience of degraded landscapes**. 2017. 21p.

GUERRA, M.P.; ROCHA, F.S.; NODARI, R.O. Biodiversidade, Recursos Genéticos Vegetais e Segurança Alimentar em um Cenário de Ameaças e Mudanças. In: VEIGA, R.F.A.; QUEIRÓZ, M.A. (Eds.). **Recursos Fitogenéticos: a base da agricultura sustentável no Brasil**. Viçosa: UFV, 2015. p. 39-52.

JONER, F. O papel das Agroflorestas na conservação da Biodiversidade: Estratégias e Conflitos. In: SIDDIQUE, I.; DIONÍSIO, A.C.; SIMOES-RAMOS, G. A. (Eds.). **Construindo conhecimentos sobre agroflorestas em rede**. Florianópolis: UFSC, 2017.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42. p. 2-15, 2006.

LIMA, A.S.; PEREIRA, J.P.A.R.; MOREIRA, F.M.S. Diversidade fenotípica e eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. de solos da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1095-1104, 2005.

MARTINS, C.; NATAL-DA-LUZ, T., SOUSA, J.P.; GONÇALVES, M.J.; SALGUEIRO, L.; CANHOTO, C. Effects of essential oils from *Eucalyptus globulus* leaves on soil organisms involved in leaf degradation. **PLoS ONE**, v. 8, p. e61233, 2013.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F.M.; MARQUES, H.R.; VIEIRA, D.L.M.; ARCO-VERDE, M.F.; HOFFMANN, M.R.; REHDER, T.; PEREIRA, A.V.B. **Restauração ecológica com Sistemas Agroflorestais: Como conciliar conservação com produção: Opções para Cerrado e Caatinga**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF, 2016, 266 p.

NAIR, P.K.R. **An introduction to agroforestry**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1993.

NEHER, D.A. Soil community composition and ecosystem processes: Comparing agricultural ecosystems with natural ecosystems. **Agroforestry Systems**, v. 45, p. 159-185, 1999.

ORGIAZZI, A.; BARDGETT, R.D.; BARRIOS, E.; BEHAN-PELLETIER, V.; BRIONES, M.J.I.; CHOTTE, J.L.; DEYN, G.B.; EGGLETON, P.; FIERER, N.; FRASER, T.; HEDLUND, K.; JEFFREY, S.; JOHNSON, N.C.; JONES, A.; KANDELER, E.; KANEKO, N.; LAVELLE, P.; LEMANCEAU, P.; MIKO, L.; MONTANARELLA, L.; SOUZA, F. M.; RAMIREZ, K.S.; SCHEU, S.; SINGH, B.K.; SIX, J.; VAN DER PUTTEN, W.H.; WALL, D.H. **Global Soil Biodiversity Atlas**. Luxembourg: European Commission, Publications Office of the European Union, 2016.

PALUDO, R.; COSTABEBER, J.A. Sistemas Agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, p. 63-76, 2012.

PARRA, V.J.; SCHULER, H.R.; SIMÕES-RAMOS, G.A.; MAGNANTI, N.J.; SANTOS, K.L.; DIONÍSIO, A.C.; SIMINSKI, A.; JONER, F.; SIDDIQUE, I. Metodologias de comunicação para o diálogo de saberes: Ações transformadoras da Rede de Sistemas Agroflorestais Agroecológicos do Sul do Brasil-Rede SAFAS. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, p. 128-141, 2018.

- PEZARICO, C.R.; VITORINO, A.C.T.; MERCANTE, F.M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista Ciências Agrárias**, v. 56, p. 40-47, 2013.
- PIETERSEN, S.; LÓPEZ-ACOST, J.C.; GOMEZ-DIAS, J.A.; LASCURAIN-RANGEL, M. Floristic diversity and cultural importance in agroforestry systems on small-scale farmer's livelihoods in Central Veracruz, México. **Sustainability**, v. 10, p. 1-19, 2018.
- REICH, P.B.; OLEKSYN, J.; MODRZYNSKI, J.; MROZINSKI, P.; HOBBI, S.E.; EISENSTAT, D.M.; CHOROVER, J.; CHADWICK, O.A.; HALE, C.M.; TJOELKER, M.G. Linking litter calcium, earthworms and soil properties: a common garden test with 14 tree species. **Ecology Letters**, v. 8, p. 811-818, 2005.
- RHOADES, C.C. Single-tree influences on soil properties in agroforestry: lessons from natural forest and savanna ecosystems. **Agroforestry Systems**, v. 35, p. 71-94, 1997.
- RIGO, G.; SANTOS, K.L.; SIMINSKI, A. Agroforestry system as strategy for forest restoration in small farms in southern Brazil. In: VII WORLD CONFERENCE ON ECOLOGICAL RESTORATION, 2017, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu: Sociedade para a Restauração Ecológica, 2017.
- ROUSSEAU, G.X.; DEHEUVELS, O.; RODRIGUEZ ARIAS, I.; SOMARRIBA, E. Indicating soil quality in cacao-based agroforestry systems and old-growth forests: The potential of soil macrofauna assemblage. **Ecological Indicators**, v. 23, p. 535-543, 2012.
- SALAZAR, J.C.S.; BAUTISTA, E.H.D.; PATIÑO, G.R. Soil macrofauna associated to agroforestry systems in Colombian Amazon. **Acta Agronomica**, v. 64, p. 214-220, 2015.
- SAMBUICHI, R.H.R.; VIDAL, D.B.; PIASENTIN, F.B.; JARDIM, J.G.; VIANA, T.G.; MENEZES, A.A.; MELLO, D.L.N.; AHNERT, D.; BALIGAR, V.C. Cabruca agroforests in Southern Bahia, Brasil: tree component management practices and tree species conservation. **Biodiversity Conservation**, v. 21, p. 1055-1077, 2012.
- SCHULER, H.R. **Evidências científicas do desenvolvimento de sistemas agroflorestais agroecológicos no Brasil**. 2018. 133 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- SEOANE, C.E.S.; FROUFE, L.C.M.; AMARAL-SILVA, J.; ARANTES, A.C.V.; STEENBOCK, W. Conservação ambiental forte alcançada através de sistemas agroflorestais multiestratificados. 1 - Agroflorestas e a Restauração Ecológica de Florestas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, p. 1-11, 2015.
- SIDDIQUE, I.; DIONISIO, A.C.; SIMOES-RAMOS, G.A. Construindo Conhecimentos Sobre Agroflorestas em Rede. Florianópolis: UFSC, 2017.
- SIMINSKI, A.; SANTOS, K.L.; WENDT, J.G.N. Rescuing agroforestry as strategy for agriculture in Southern Brazil. **Journal of Forestry Research**, v. 27, p. 739-746, 2016.
- SIX, J.; FREY, S.D.; THIES, R.K.; BATTEN, K.M. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, p. 555-569, 2006.
- STEENBOCK, W.; SILVA, L.C.; SILVA, R.O.; RODRIGUES, A.S.; PEREZ-CASSARINO, J.; FONINI, R. **Agrofloresta, ecologia e sociedade**. Curitiba: Kairós, 2013.
- VIEIRA, R.F., CAMILLO, J., CORADIN, L. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o Futuro: Região Centro-Oeste / Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade; (Ed.). Brasília: MMA, 2016.**
- VILELA-MORALES, E.A.; VALOIS, A.C.C. Recursos genéticos vegetais autóctones e seus usos no desenvolvimento sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 17, p. 11-42, 2000.