

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

DISSERTAÇÃO

**O Potencial dos Sistemas Agroflorestais para Incremento da Biodiversidade
e Provisão de Serviços Ecossistêmicos na Mata Atlântica**

Pedro Zanetti Freire Santos

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O POTENCIAL DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA
INCREMENTO DA BIODIVERSIDADE E PROVISÃO DE SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS NA MATA ATLÂNTICA

PEDRO ZANETTI FREIRE SANTOS

Sob orientação do Professor

Jerônimo Boelsums Barreto Sansevero

e Co-orientação do Professor

Renato Crouzeilles

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Ciências.**

Seropédica - RJ

Dezembro de 2017

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S237p Santos, Pedro Zanetti Freire, 1989-
O potencial dos sistemas agroflorestais para
incremento da biodiversidade e provisão de serviços
ecossistêmicos na Mata Atlântica / Pedro Zanetti
Freire Santos. - 2017.
57 f.: il.

Orientador: Jerônimo Boelsums Barreto Sansevero.
Coorientador: Renato Crouzeilles.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em
Práticas em Desenvolvimento Sustentável, 2017.

1. Sistemas agroflorestais. 2. Serviços
ecossistêmicos. 3. Biodiversidade. 4. Restauração da
Paisagem. 5. Meta Análise. I. Sansevero, Jerônimo
Boelsums Barreto, 1980-, orient. II. Crouzeilles,
Renato, -, coorient. III Universidade Federal
do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em
Práticas em Desenvolvimento Sustentável. IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**


PEDRO ZANETTI FREIRE SANTOS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável da UFRRJ.

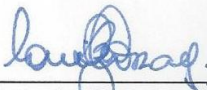
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 18/07/2017



**Jerônimo Boelsums Barreto Sansevero. Prof. Dr. UFRRJ
(Orientador)**



**Peter Herman May . Prof. Dr. UFRRJ
(Membro Interno)**



**Luiz Fernando Duarte de Moraes . Prof. Dr. EMBRAPA
(Membro Externo)**

RESUMO

SANTOS, Pedro Zanetti Freire. **O Potencial dos Sistemas Agroflorestais para incremento da Biodiversidade e provisão de Serviços Ecossistêmicos na Mata Atlântica. 2017. 57p** Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

O bioma Mata Atlântica é considerado um dos biomas mais biodiversos do planeta, entretanto, após os mais diversos ciclos de uso e ocupação do solo, está também entre os mais ameaçados. Por conta desta situação, diversos compromissos e iniciativas começam a surgir para a restauração de áreas degradadas no bioma. Com a aprovação da Lei nº 12.651, de 2012, uma oportunidade surgiu para a cadeia produtiva da restauração, uma vez que cria-se uma demanda para a adequação ambiental dos imóveis rurais da Mata Atlântica. Entretanto, a restauração nunca tomou a escala necessária no bioma, se resumindo a pequenas e esparsas iniciativas. Dentre as principais barreiras identifica-se o custo elevado para restauração das áreas degradadas e a resistência cultural dos agricultores à presença de árvores nas áreas produtivas, o que inibe aqueles interessados em restaurar. É nesse contexto que os sistemas agroflorestais (SAF) surgem como alternativa interessante de restauração da paisagem florestal da Mata Atlântica, pois parte dos custos pode ser paga com a variedade de produtos que a agrofloresta proporciona. A possibilidade de utilização dos sistemas agroflorestais para recuperação de áreas de preservação permanente e reserva legal pelo novo Código Florestal indica que esta alternativa ganha cada vez mais espaço dentre as opções de restauração ecológica. Contudo, é fundamental avaliar se esta alternativa realmente promove a restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos associados. Desta forma, as principais questões abordadas nesse projeto foram: Os SAF têm potencial para manter a provisão de serviços ecossistêmicos e incrementar a biodiversidade na Mata Atlântica quando comparado com os sistemas produtivos convencionais (monoculturas agrícolas e florestais) e a floresta nativa bem conservada (ecossistema de referência)? Qual o efeito dos diferentes tipos de SAF na biodiversidade e oferta de serviços ecossistêmicos? Para responder estas perguntas foi realizada uma meta-análise a partir de estudos realizados na Mata Atlântica. No total foram analisados 72 estudos, gerando um total de 1.700 observações em 143 sítios. Os resultados mostram que nenhum dos sistemas produtivos consegue chegar nos mesmos níveis de biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos das florestas em bom estado de conservação. Os sistemas agroflorestais biodiversos apesar dos valores negativos em comparação com os sistemas de referência, têm efeito positivo em relação aos sistemas agroflorestais simples e os sistemas convencionais (Tamanho médio do efeito para biodiversidade foi -0,1, -0,25 e -0,55, respectivamente, e para serviços ecossistêmicos -0,1, -0,75 e -0,7, respectivamente). Os valores para os efeitos nos serviços de suporte mostraram que os sistemas agroflorestais biodiversos não diferem significativamente das florestas em bom estado de conservação. Os resultados encontrados trazem implicações práticas para a discussão do uso destes modelos de produção na restauração de processos ecológicos na Mata Atlântica e o papel que podem desempenhar na paisagem multifuncional das propriedades rurais.

PALAVRAS-CHAVE: Meta-análise, SAF, Restauração de paisagens e florestas.

ABSTRACT

SANTOS, Pedro Zanetti Freire. **Agroforestry Systems potential to increase biodiversity and Ecosystem Services provision in the Atlantic Forest. 2017.** 57p Dissertation (Postgraduate course on Practices in Sustainable Development) Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

The Atlantic Forest biome is considered one of the most biodiverse in the world, however, after many cycles of land use and soil occupation, it is also one of the most threatened. Because of this situation, many commitments and initiatives begin to emerge for restoration of degraded areas of the biome. With the approval of the Federal law number 12.651 of 2012, an opportunity has appeared to the production chain of forest restoration, once there is an increase of the demand for environmental regulation of rural properties of the Atlantic Forest. However, the forest restoration has never gotten to the scale needed, it remained mainly small and sparse initiatives. Among the many barriers it is possible to identify the high cost to recover degraded lands and the cultural resistance from farmers to the presence of trees in the productive areas, which inhibits those interested in restoring. Within this context, the agroforestry systems emerge as an interesting alternative for promoting the landscape restoration of the Atlantic Forest, as part of the costs can be recovered with the variety of products that the agroforest provide. The possibility to use agroforestry systems to recover permanent preserved areas and legal reserve areas allowed by the Forest Code indicates that this alternative gains more ground between the other methods of ecological restoration. However, it is paramount to evaluate if this alternative really promotes the restoration of biodiversity and ecosystem services associated. On that sense, the main questions raised on this project were: The agroforestry systems have the potential to maintain the provision of ecosystems services and increase biodiversity at the Atlantic Forest when compared with the conventional production systems (forest and agricultural monocultures) and a conserved native forest (reference ecosystem)? What is the effect of the many types of agroforestry systems on biodiversity and the supply of ecosystem services? To answer those questions a meta-analysis was conducted using studies realized at the Atlantic Forest. In total 72 studies were analyzed, summing up 1700 observations in 143 sites. The results show that none of the production systems can get the same levels of biodiversity and provision of ecosystems services that the preserved forests. The biodiverse agroforestry systems, although the negative values compared to the preserved forests, it has a positive effect in relation to the simplified agroforestry systems and the conventional production systems (median effect size for biodiversity was -0,1, -0,25 and -0,55, respectively, and for ecosystems services was -0,1, -0,75 and -0,7, respectively. The values of the effect on the support service showed that biodiverse agroforestry systems do not significantly differ from the preserved forests. The results found bring practical implications for the discussion of those production models on the restoration of ecological processes in the Atlantic Forest and the role they can play at the multifunctional landscapes of rural properties.

KEY WORDS: Meta-analysis, SAF, Forest and landscape restoration.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Apresenta as definições e as principais características da restauração ecológica e da restauração de paisagens e florestas, com seus respectivos autores.	4
Tabela 2 - Número de estudos e porcentagem do total de estudos sistematizados no banco de dados por região e estado.	15
Tabela 3 - Critérios para classificação dos tipos de sistemas agroflorestais.	17
Tabela 4 - Classificação do MEA (2005) dos tipos de serviços ecossistêmicos e alguns exemplos.	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema ilustrando a variedade de serviços ecossistêmicos, classificados de acordo com os 4 tipos definidos pelo (MEA, 2005). Fonte: metrovancouver.org	2
Figura 2 - Gráfico representativo que indica as múltiplas trajetórias dos métodos de restauração em um local particular, que otimizem os benefícios financeiros e de subsistência, bem como geram melhorias na biodiversidade (Adaptado de Lamb et al., 2005).	5
Figura 3 - Fluxograma da aplicação da ferramenta meta análise no contexto do projeto.	13
Figura 4 - Mapa ilustrando a distribuição espacial por municípios dos estudos sistematizados no banco de dados em contraste com a área de abrangência do bioma Mata Atlântica.	14
Figura 5 - Gráfico de barras ilustrando a distribuição em % do total de estudos sistematizados no banco de dados por estado.	15
Figura 6 - Cacau sombreado pela seringueira (Fonte: Filho, A., 2010).	18
Figura 7 - Café sombreado com Teca, Cedro e Abacate (Fonte: UFLA, 2016).	18
Figura 8 - Eucalipto, gramínea forrageira e gado de leite (Fonte: Embrapa).	19
Figura 9 - Gliricídia como cerca viva forrageira, gramínea e gado (Fonte: Tropical forages).	19
Figura 10 - Eucalipto, milho e pastagem (Fonte: Embrapa).	20
Figura 11 - Sequência temporal da sucessão natural dos sistemas agroflorestais biodiversos.	21
Figura 12 - Sistemas silvipastoris intensivos (Fonte: Restrepo, E., 2011).	22
Figura 13 - Galinhas criadas em quintais agroflorestais biodiversos. (Fonte: Pesagro).	22
Figura 14 – Boostrapped response ratios . Efeitos na biodiversidade no bioma Mata Atlântica para sistemas convencionais, sistemas agroflorestais simples e sistemas agroflorestais biodiversos comparados com sistemas de referência.	25
Figura 15 – Boostrapped response ratios . Efeitos nos serviços ecossistêmicos (MEA,2005) no bioma Mata Atlântica para sistemas convencionais, sistemas agroflorestais simples e sistemas agroflorestais biodiversos comparados com sistemas de referência.	26
Figura 16 - Boostrapped response ratios . Efeitos nos serviços ecossistêmicos de regulação (MEA,2005) no bioma Mata Atlântica para sistemas convencionais, sistemas agroflorestais simples e sistemas agroflorestais biodiversos comparados com sistemas de referência.	27
Figura 17 - Boostrapped response ratios . Efeitos nos serviços ecossistêmicos de suporte (MEA,2005) no bioma Mata Atlântica para sistemas convencionais, sistemas agroflorestais simples e sistemas agroflorestais biodiversos comparados com sistemas de referência.	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	10
2.1 Geral	10
2.2 Específicos	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 – Seleção de estudos	11
3.2 – Critérios para classificação dos sistemas produtivos - SAF biodiverso, SAF simples e sistemas convencionais	16
4 – RESULTADOS	25
4.1 - Efeitos na biodiversidade	25
4.2 - Efeitos nos serviços ecossistêmicos	25
5 – DISCUSSÃO	29
6 – CONCLUSÃO	31
7 – PERSPECTIVAS	31
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
ANEXO 1	38
ANEXO 2	40

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um dos biomas considerados mais biodiversos do planeta, identificado como um dos *hotspots* da biodiversidade, que são caracterizados pela alta porcentagem de espécies endêmicas (pelo menos 1.500 plantas vasculares) e perda significativa da cobertura original (30% ou menos da sua área de vegetação original) (MYERS et al., 2000). A área com cobertura florestal original da Mata Atlântica cobria uma área aproximada de 1.300.000 Km², distribuída por 17 estados; hoje, após os mais diversos ciclos de ocupação e uso deste território, restam apenas 12,5 % da sua extensão original, se considerados fragmentos isolados acima de três hectares (SOS Mata atlântica e INPE, 2015). Esse processo de perda de habitat e fragmentação tem fortes impactos na manutenção da biodiversidade do bioma (SILVA; TABARELLI, 2001; JOLY et al., 2014).

A Mata Atlântica também desempenha papel chave no fornecimento de inúmeros serviços ecossistêmicos que abastecem e possibilitam a vida nas grandes metrópoles brasileiras (DITT et al., 2010). Segundo o Millenium Ecosystem Assessment (2005), os serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas de maneira direta ou indireta. Esses serviços podem ser classificados em serviços de provisão (alimentos, água, madeira e fibras), serviços de regulação (clima, enchentes, doenças, qualidade da água), serviços culturais (recreação, espiritual, estético e paisagístico) e serviços de suporte (formação de solos, fotossíntese e ciclagem de nutrientes), conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1 - Esquema ilustrando a variedade de serviços ecosistêmicos, classificados de acordo com os 4 tipos definidos pelo (MEA, 2005). Fonte: metrovancouver.org

No domínio do bioma Mata Atlântica vivem aproximadamente 120 milhões de brasileiros e onde, também, 70% do PIB brasileiro é gerado, o que significa que a maior parte da água que bebemos nas cidades vem de nascentes e rios que nascem nas montanhas preservadas da Mata Atlântica. Os alimentos para abastecer a população dependem do serviço dos polinizadores (RICKETTS et al., 2008) e do equilíbrio ecológico da paisagem do entorno, para que haja o controle biológico de pragas e doenças e a estabilidade climática (MAHMOOD et al., 2014). As florestas são um dos fatores que contribuem para o importante serviço de regulação do microclima, propiciando conforto térmico para as redondezas, purificação do ar e lazer através da recreação e contemplação da natureza (BOLUND E HUNHAMMAR, 1999; LIVESLEY et al 2016). Entretanto, em virtude da tamanha degradação do bioma, esses serviços ecosistêmicos começam a ficar mais escassos, comprometendo a estabilidade das populações humanas que vivem nestes territórios.

Se olharmos em uma escala global, os efeitos da fragmentação dos ecossistemas podem ser percebidos ao redor do mundo. Um bilhão de pessoas vivem em áreas degradadas e um terço da população do mundo é considerada afetada pela degradação do solo, por exemplo (SABOGAL et al, 2015). Diante deste cenário, inúmeros acordos globais têm sido firmados com o objetivo de frear os enormes prejuízos associados a magnitude da degradação ambiental e reverter este quadro, através de atividades de restauração dos ecossistemas.

Entre os acordos internacionais dos quais o Brasil é signatário, podemos destacar o acordo de Paris, realizado em 2015 na Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima e também a Convenção sobre Diversidade Biológica - CDB, que em 2010 estabeleceu um conjunto de 20 objetivos conhecidos como Metas de Aichi. A Meta nº 15, por exemplo,

inclui o compromisso de restauração de 15% das paisagens degradadas em todo o mundo. Posteriormente, foi lançado o Desafio de Bonn, em 2011, por líderes mundiais reunidos na Alemanha, que propõe a difícil tarefa de restaurar 150 milhões de hectares até 2020, e 350 milhões de hectares até 2030, ou a iniciativa 20X20, lançada durante a COP 20 em Lima, que propõe restaurar 20 milhões de hectares de terra degradada na América Latina e Caribe, dando suporte ao Desafio de Bonn (IUCN, 2011; WRI, 2016). Logo, é notável a preocupação do mundo com relação aos níveis de degradação dos ecossistemas e como esta situação afeta a oferta de serviços ecossistêmicos e a qualidade de vida das populações. Recentemente, as Nações Unidas lançaram os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, que dentre os 17 objetivos, o objetivo número 15 ressalta claramente a necessidade de “proteção, restauração e promoção do uso sustentável de ecossistemas terrestres, o manejo sustentável de florestas, o combate à desertificação, a contenção e a reversão da degradação de solos e a suspensão da perda de biodiversidade”.

Já em escala regional, dentro do contexto deste trabalho, o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica é a iniciativa mais ambiciosa no bioma (CALMON et al., 2011). Lançado em 2009, o Pacto busca sinergias entre todos os atores (academia, iniciativa privada, terceiro setor, setor público nos níveis locais, regionais e nacional, instituições financeiras e instituições internacionais) que trabalham com restauração florestal na Mata Atlântica, tendo como meta viabilizar a restauração de 15 milhões de hectares até 2050, com metas e monitoramento dos resultados anuais (CALMON et al., 2011; PINTO et al., 2014). Até o ano de 2013, o Pacto realizou a gestão coordenada de 80 projetos, que representam quase 60.000ha em restauração (MELO et al., 2013).

Por último, é importante destacar a demanda gerada pela Lei Federal nº 12.651, de 2012, (também conhecida como novo código florestal) para a adequação ambiental dos imóveis rurais no Brasil. No contexto deste trabalho, adequação ambiental de uma propriedade é entendida como o conjunto de atividades que visa promover, de forma planejada, a conservação e recuperação do solo, dos recursos hídricos e da vegetação nativa, com a finalidade de garantir a sustentabilidade e melhoria da produtividade agrícola (GUERIN E ISERNHAGEN, 2013). Portanto, não se limita apenas à conservação e recomposição das Áreas de Preservação Permanente (APP) e reserva legal, mas inclui também ações como o enriquecimento de florestas secundárias, implantação de reflorestamentos com espécies de valor econômico e os sistemas agroflorestais (MMA, 2010). Logo, o planejamento agrícola, que em geral, leva em consideração somente aspectos físicos do ambiente, como solo, clima e relevo, e aspectos de mercado, deve aliar o planejamento das atividades econômicas dos imóveis rurais (agricultura, pecuária, silvicultura, fruticultura e etc.) com o planejamento de paisagens, supondo que sejam considerados os aspectos econômicos dos sistemas produtivos e sua relação com a estrutura dos ecossistemas naturais e as suas funções ambientais (serviços ecossistêmicos) (MMA, 2010). Portanto a adoção de boas práticas agrícolas de caráter conservacionista dos recursos naturais é fundamental (plantios em curva de nível, plantio direto, rotação de culturas, adubação verde, controle integrado de pragas e doenças, respeito as áreas de APP, reserva legal e unidades de conservação) para evitar ou reparar a degradação.

Conforme apontam Stanturf et al (2014), atualmente existem quatro paradigmas da restauração ecológica: Reflorestamento, Restauração Ecológica, Restauração da Paisagem e Florestas e Restauração Funcional. Cada um tem suas particularidades, podendo ser diferenciados por seu objetivo, escala ou medida de sucesso de restauração. No contexto deste trabalho será dado o enfoque maior na restauração de paisagens e florestas, pois além de ser um dos termos mais usados na literatura e nos projetos de restauração atualmente (junto com restauração ecológica), suas características estão mais próximas dos objetivos deste trabalho.

Como os termos restauração ecológica e restauração de paisagens e florestas são os que têm maior destaque atualmente e muitas vezes suas diferenças não estão claras, faz-se necessário identificar suas principais características e diferenças (Tabela 1). De forma geral, a restauração ecológica trabalha em uma escala de sítios, com foco na biodiversidade e buscando restabelecer as condições dos ecossistemas de referência, enquanto que a restauração de paisagens e florestas trabalha na escala da paisagem (bacias hidrográficas, por exemplo), com foco na funcionalidade dos processos ecossistêmicos e na integração do homem com a natureza de forma mais harmônica (STANTURF et al., 2014).

Tabela 1 - Apresenta as definições e as principais características da restauração ecológica e da restauração de paisagens e florestas, com seus respectivos autores.

Paradigmas de restauração	Definição	Autor
Restauração ecológica	<p>1 - Processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. Tenta retornar um ecossistema à sua trajetória histórica. Baseia-se em um ecossistema de referência.</p> <p>2 - Manejo realizado pelo homem para acelerar o processo de regeneração natural de uma área degradada, ou seja, facilitar o retorno das espécies de plantas e animais que ali coexistiam para garantir o funcionamento daquele ecossistema.</p>	<p>1 - SER (2004);</p> <p>2 – Guerin e Isernhagen (2013)</p>
Restauração de Paisagens e Florestas	<p>1 - Processo de longo prazo, tanto para recuperar a funcionalidade ecológica e melhorar o bem-estar humano em uma paisagem florestal desmatada ou degradada. É uma abordagem para gerenciar as interações dinâmicas e muitas vezes complexas entre as pessoas, recursos naturais e usos do solo que compõem uma paisagem.</p> <p>2 - Paisagens multifuncionais que oferecem benefícios ecológicos, econômicos e sociais são o objetivo da restauração de paisagens e florestas. Um foco em paisagens, ao contrário de sítios individuais, normalmente implica equilibrar um mosaico de usos do solo interdependentes, como áreas protegidas, corredores ecológicos, florestas em regeneração, sistemas agroflorestais, agricultura, plantações bem geridas e faixas de matas ciliares para proteger cursos de água.</p> <p>3 – Centra-se na restauração funcional, ou seja, nos produtos, serviços, e processos ecológicos que as florestas podem oferecer em um nível mais amplo da paisagem. Sem preocupação com a biodiversidade.</p>	<p>1 – Stanturf et al. (2015); Maginnis et al. (2007)</p> <p>2 - Lamb et al. (2012); Mansourian et al. (2005)</p> <p>3 – Troya e Kumar (2016)</p>

A partir dessas definições é possível distinguir três dimensões-chave da restauração de paisagens e florestas da restauração ecológica: sua escala, a sua intenção de restaurar a integridade ecológica (e não necessariamente de acordo com áreas de referência) e sua ênfase no bem-estar humano (LAMB et al., 2012; MANSOURIAN et al., 2012; STANTURF et al.,

2015). É importante destacar a correlação da biodiversidade com o funcionamento dos ecossistemas, ou seja, o número de espécies e quais espécies compõem um ecossistema influencia a capacidade desse ecossistema de manter estabilizado os processos ecossistêmicos e os ciclos biogeoquímicos (LOUREAL et al., 2001).

A Figura 2, adaptada de Lamb et al. (2005), ilustra a relação entre os métodos de restauração de ambientes degradados e suas capacidades de contemplar uma paisagem multifuncional, oferecendo benefícios econômicos, sociais e ecológicos. O gráfico representativo indica a dificuldade de desenvolver métodos de restauração em um local particular, que otimizem os benefícios financeiros e de subsistência, bem como gerem melhorias na biodiversidade (canto superior direito).

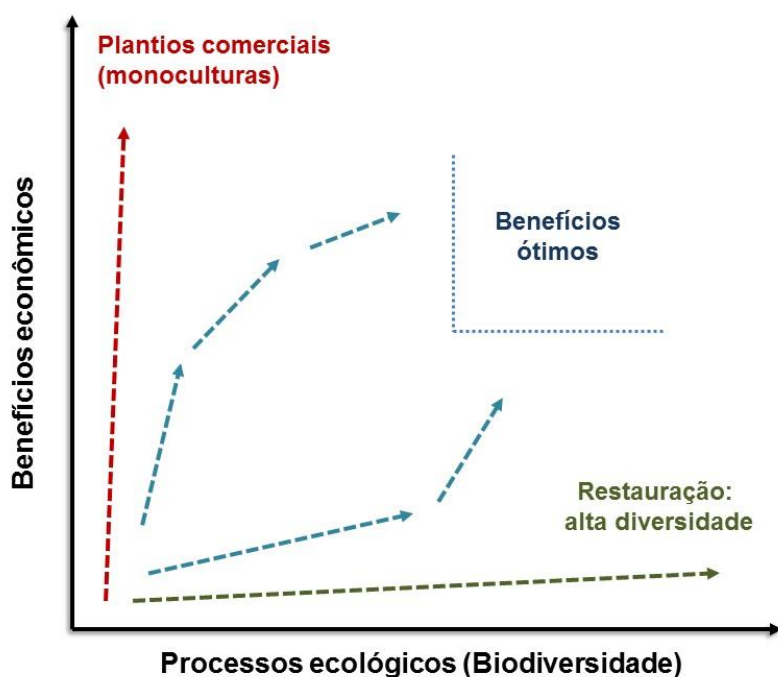


Figura 2 - Gráfico representativo que indica as múltiplas trajetórias de intervenções na paisagem (Plantios comerciais, Restauração e Modelos intermediários) através da correlação entre benefícios econômicos e os processos ecológicos (Adaptado de Lamb et al., 2005).

Os plantios comerciais tradicionais, em sistema de monoculturas (seta vermelha) geram fundamentalmente benefícios financeiros, enquanto que a restauração usando métodos que maximizam a diversidade (seta verde) e priorizam a biodiversidade traz poucos benefícios financeiros diretos para os proprietários, pelo menos no curto prazo (Figura 2). A seta azul ilustra algumas outras alternativas, que dependendo dos objetivos do proprietário, podem oferecer um retorno mais equilibrado entre benefícios financeiros e ecológicos (Figura 2). Manejar a floresta secundária gera melhorias tanto na biodiversidade como nos meios de vida, embora a magnitude dos benefícios depende da densidade populacional de espécies comercialmente ou socialmente importantes (Lamb et al., 2005); estes podem ser aumentados através de plantios de enriquecimento com espécies comercialmente atraentes. Nos locais onde predomina a miséria, há escassez de recursos e a paisagem está degradada ou em processo de degradação, qualquer iniciativa visando à restauração da funcionalidade ecológica destes ecossistemas demanda priorizar objetivos econômicos e biodiversidade em equilíbrio (Lamb et al., 2005). Em muitas situações, pode ser necessário dar prioridade inicial a iniciativas que

melhorem benefícios financeiros, tais como plantio de culturas anuais nas entrelinhas de plantios de árvores para madeira ou frutas, por exemplo (GUERIN E ISERNHAGEN, 2013). Em rotações posteriores, esse equilíbrio pode mudar ao longo do tempo. Pode haver uma maior possibilidade de atingir múltiplos objetivos usando várias destas opções em diferentes locais no mosaico da paisagem.

Outra interpretação possível das setas azuis seria o uso dos diferentes tipos de sistemas agroflorestais (SAF) como uma estratégia para restauração das paisagens e florestas. Segundo Guerin e Isernagen (2013), esta alternativa quando conduzida com o objetivo de restauração de ambientes degradados é bastante interessante, pois enquanto as árvores estão se desenvolvendo, é possível o cultivo de culturas anuais como milho, feijão, mandioca e abóbora. Dentre as espécies de árvores é possível utilizar plantas frutíferas. Essas espécies, quando consorciadas com outras plantas nativas de crescimento rápido, são capazes de formar vegetação que restaura o ambiente e produz alimento ou renda ao longo dos anos (GUERIN E ISERNHAGEN, 2013). Logo, é possível afirmar que as características citadas sobre os SAF permitem comparar esta alternativa às trajetórias possíveis da seta azul. Nesse contexto, as experiências realizadas com SAF no Brasil podem auxiliar na adequação legal das propriedades rurais.

Estimativas realizadas por Soares-Filho et al. (2014) sugerem um déficit legal de vegetação nativa no Brasil de 21 milhões de hectares, dos quais 78% são de reserva legal e 22% de APP. Já o passivo em hectares da Mata Atlântica é de 6,2 milhões de hectares, ou 29,5% do total do passivo florestal do país, estima os mesmos autores. Destes 6,2 milhões de hectares de passivo florestal na Mata Atlântica, 77,42% são de reserva legal e 22,68% são de APP, números muito parecidos com o passivo na escala nacional. O governo brasileiro, através do Ministério do Meio Ambiente (MMA), colocou em consulta pública, em dezembro de 2014, o Plano Nacional de Restauração da Vegetação Nativa – PLANAVEG, que prevê implementar um conjunto de medidas institucionais, políticas e financeiras que levem o país a recuperar 12,5 milhões de hectares em 20 anos, sinalizando uma demanda que pode desencadear mudanças significativas nas economias locais de zonas rurais (MORAES, 2016). Nessa versão preliminar do PLANAVEG, há menções rápidas sobre os sistemas agroflorestais como uma das medidas para recuperação da vegetação nativa no Brasil que podem trazer benefícios econômicos e sociais através de produtos florestais não madeireiros, por exemplo, principalmente das pequenas propriedades.

No início de 2017 foi lançado o Decreto Federal nº 8.972 de 2017, que institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PROVEG). Tem como objetivos principais (Art. 2º, incisos I e II):

- Articular, integrar e promover políticas, programas e ações indutoras da recuperação de florestas e demais formas de vegetação nativa;
- Impulsionar a regularização ambiental das propriedades rurais brasileiras, nos termos da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, em área total de, no mínimo, doze milhões de hectares, até 31 de dezembro de 2030.

Outros dois pontos importantes deste decreto merecem destaque. O primeiro é que considera recuperação ou recomposição da vegetação nativa como a restituição da cobertura vegetal nativa por meio de implantação de sistema agroflorestal, de reflorestamento, de regeneração natural da vegetação, de reabilitação ecológica e de restauração ecológica (Art. 3º, inciso VI) e o segundo é que contém como uma das diretrizes o estímulo à recuperação da vegetação nativa com aproveitamento econômico e com benefício social (Art. 4º, inciso VI).

Apesar do acúmulo de experiências realizadas, a restauração ecológica na Mata Atlântica nunca tomou a escala necessária. Entre as principais barreiras que dificultam a restauração em larga escala podemos destacar os custos elevados da restauração, por hectare, podendo variar na faixa entre R\$ 5.000 e R\$ 33.000 considerando as principais estratégias (plântio de mudas em área total, semeadura direta e condução da regeneração natural) utilizadas na Mata Atlântica (RODRIGUES et al., 2009; BRANCALION et al., 2012; GUERIN E ISERNHAGEN, 2013; MICCOLIS et al., 2016). Este valor, entretanto, dependerá de uma série de fatores (relevo, histórico de uso, proximidade de fragmentos, custo de mão de obra, disponibilidade de sementes e mudas). Nesses casos, não é esperado o retorno de benefícios econômicos diretos. Por outro lado, conforme sugerem Miccolis et al., (2016), os sistemas agroflorestais podem ter custos de implantação semelhantes (variando na faixa entre R\$ 2.200/ha a R\$ 30.000/ha), porém são esperados retornos econômicos nos sistemas agroflorestais simples de R\$ 1.100 a R\$ 49.000 referente ao Valor Presente Líquido –VPL até o 10º ano e nos sistemas agroflorestais biodiversos de R\$88.000 a R\$ 121.000 referente ao VPL projetado até o 10º ano. Desta forma, os sistemas agroflorestais apresentam grande potencial para superar essa barreira do custo elevado para restauração por hectare.

Outro fator que é considerado como uma das principais barreiras, é a resistência cultural dos agricultores à árvores nos sistemas produtivos da propriedade, fator este que também afeta a utilização em maior escala dos sistemas agroflorestais nas propriedades rurais. Estudo conduzido por Perz, (2003) sobre determinantes sociais e a correlação do uso do solo com a adoção de novas tecnologias aponta que as propriedades com melhores condições de mão de obra e capital são mais prováveis de adotar novas tecnologias. Costa (2003), destaca que os aspectos culturais do produtor devem ser enriquecidos com novos saberes, mas não desprezados ou enfraquecidos e que a transmissão de novas tecnologias deve ser não invasiva, respeitando os valores tradicionais em busca de uma expansão da cultura. Filho et al., (2011) sugerem que determinantes não controladas pelos produtores também têm forte influência, em particular os arranjos institucionais determinados pelas políticas públicas (acesso à crédito, educação, extensão rural, comportamento dos preços) e o entorno econômico (proximidade de grandes mercados consumidores, agroindústrias, etc.). Logo a reinserção das árvores nos sistemas produtivos das propriedades deve dialogar com todos os aspectos mencionados a cima.

Nesse contexto, os sistemas agroflorestais podem representar uma alternativa viável para a restauração ecológica da Mata Atlântica, uma vez que parte dos custos associados à restauração de determinada área pode ser paga com a variedade de produtos que a agrofloresta proporciona. Produtos florestais madeireiros e não-madeireiros (lenha, carvão vegetal, frutas, cogumelos, raízes, mel, resinas, gomas, plantas ornamentais, sementes, castanhas e plantas medicinais) são possíveis produtos da agrofloresta, que representam *commodities* importantes a serem vendidos ou negociados, bem como consumidos (STANTURF et al., 2015). A oportunidade criada a partir da Lei Federal nº 12.651 de 2012, que permite a utilização de SAF para o cumprimento da manutenção da área de reserva legal nas grandes e médias propriedades e a recuperação de APP e reserva legal pela agricultura familiar, desde que seguidos alguns critérios, indicam que esta alternativa ganha cada vez mais credibilidade, reconhecimento e espaço dentre as opções de restauração. Entretanto, é preciso avaliar o papel dos diferentes tipos de SAF localizados na Mata Atlântica em promover a restauração de atributos associados à biodiversidade e serviços ecossistêmicos no bioma. Como exemplos podemos mencionar o estoque e o sequestro de carbono, a ciclagem de nutrientes e serapilheira, a produção de alimentos, estrutura, dinâmica e diversidade da vegetação, riqueza e abundância da fauna (mamíferos, invertebrados, aves, répteis, etc).

Alguns estudos mostram evidências de que os sistemas agroflorestais podem ser considerados como uma das opções para a restauração de ecossistemas degradados (AMADOR, 2003; MMA, 2010; BARRAL et al., 2015; TORRALBA et al., 2016; e MICCOLIS, et al., 2016). Portanto, torna-se fundamental a sistematização das experiências com os SAF na Mata Atlântica com o objetivo de verificar o potencial dos diferentes modelos e arranjos agroflorestais para a restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

Desta forma, as principais questões abordadas nessa pesquisa foram: Os SAF têm potencial para manter a provisão de serviços ecossistêmicos e incrementar a biodiversidade na Mata Atlântica quando comparado com os sistemas produtivos convencionais (monoculturas agrícolas e florestais) e a floresta nativa bem conservada (ecossistema de referência)? O que a literatura até o momento pode apresentar como resultados atingidos por essa alternativa e como esses resultados podem ser interpretados quando comparados em relação aos ecossistemas de referência e a outros tipos de uso do solo. A segunda pergunta foi, quais os efeitos dos diferentes tipos de SAF praticados no bioma, classificados em SAF simples e SAF biodiversos (MICCOLIS et al., 2016) nos níveis de biodiversidade e oferta de serviços ecossistêmicos? Essas perguntas buscam identificar quais as principais diferenças e potenciais dos sistemas agroflorestais para contribuição a uma gestão mais sustentável dos recursos naturais nas propriedades rurais da Mata Atlântica.

A primeira hipótese do presente trabalho foi de que os SAF mantêm a provisão de serviços ecossistêmicos e incrementam a biodiversidade na Mata Atlântica, especialmente quando comparados com sistemas produtivos convencionais e tendo como referência ecossistemas em bom estado de conservação. Esperava-se que os SAF da Mata Atlântica se destacassem principalmente pela alta capacidade de oferta de serviços de provisão (alimentos, água, madeira e fibras) e de suporte (controle da erosão, ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio), além de serviços de regulação, como o potencial para sequestrar carbono (na biomassa e no solo). A expectativa era a de que a alternativa do uso dos SAF seria viável sob o ponto de vista ecológico e de provisão de serviços, quando comparado com os sistemas produtivos convencionais (agricultura convencional, reflorestamento comercial e pastagem convencional). A segunda hipótese foi que os sistemas agroflorestais teriam valores negativos em relação aos níveis de biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos quando comparados com os ecossistemas de referência e a terceira hipótese era de que existiriam diferenças na capacidade e grau de provisão de serviços ecossistêmicos e incremento da biodiversidade entre os tipos de SAF (sistemas agroflorestais simples e sistemas agroflorestais biodiversos), de modo que os sistemas agroflorestais mais complexos, considerados aqui como SAF biodiversos (e.g. SAF sucessionais ou multiestrata, com grande número de espécies) apresentam uma maior capacidade para provisão de serviços ecossistêmicos e de promoção da biodiversidade quando comparado com sistemas mais simplificados (e.g. café sombreado, cacau sombreado com eritrina, consórcio milho e eucalypto, com baixo número de espécies).

A justificativa para a investigação destes problemas de pesquisa foi o contexto dado pela Lei Federal 12.651 de 2012, onde o uso dos SAF é permitido para recuperação ambiental nos Programas de Regularização Ambiental das propriedades rurais em áreas de preservação permanente (APP) de pequenas propriedades e áreas de reserva legal para médias e grandes propriedades, além é claro do seu múltiplo uso em diversas áreas da propriedade com objetivos dos mais variados.

Desta forma espera-se contribuir para o debate se os sistemas agroflorestais têm ou não o potencial para se consolidarem como uma opção viável para restauração de serviços ecossistêmicos e da biodiversidade na Mata Atlântica, estabelecendo diferenças com outros tipos de sistemas produtivos, além de diferenças entre os modelos de SAF encontrados no

bioma. Com isso, foi possível identificar o real papel que este modelo de produção pode exercer na adequação ambiental das propriedades rurais do bioma, sob a ótica da paisagem multifuncional e contextualizado pela possibilidade criada pela Lei nº 12.651 de 2012 de seu uso nos programas de regularização ambiental para recuperação de APP e reserva legal de pequenas propriedades e reserva legal de médias e grandes propriedades, desde que seguidos alguns critérios técnicos de implantação. Com os resultados obtidos espera-se contribuir para identificar esse potencial da grande variedade de possibilidades de uso que os diferentes tipos de SAF podem exercer nas propriedades rurais da Mata Atlântica, construindo uma base para que os tomadores de decisão possam pensar estrategicamente políticas de uso e ocupação do solo para os nossos territórios.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

O objetivo geral do presente trabalho foi investigar o potencial dos Sistemas Agroflorestais (SAFs) para incrementar a biodiversidade e a provisão de serviços ecossistêmicos na Mata Atlântica.

2.2 Específicos

- Construir um banco de dados sobre os estudos com SAF e serviços ecossistêmicos, através da coleta de informações de cada estudo de forma sistematizada e avaliação da qualidade dos estudos selecionados e interpretação dos dados coletados;
- Realizar uma meta análise com base nos dados coletados;
- Identificar diferenças na provisão de serviços ecossistêmicos e incremento da biodiversidade entre diferentes tipos de uso do solo na Mata Atlântica (SAF, agricultura convencional, pastagem, monoculturas florestais e florestas em bom estado de conservação);
- Verificar se existem diferenças entre distintos tipos de SAF e a capacidade para incrementar a biodiversidade e ofertar serviços ecossistêmicos;
- Verificar quais tipos de serviços ecossistêmicos são fornecidos principalmente pelos diferentes modelos agroflorestais encontrados no bioma;
- Discutir as implicações práticas, para produtores e o poder público, sobre o múltiplo uso que os SAF podem ter em uma propriedade rural;

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para auxiliar a responder as questões colocadas neste trabalho, optou-se pela utilização da ferramenta meta análise, uma técnica estatística muito utilizada para integrar os resultados de dois ou mais estudos independentes, sobre uma questão de pesquisa. A análise estatística é realizada a partir dos dados provenientes de estudos elegíveis obtidos como parte de uma revisão sistemática (HEDGES et al 2015). Envolve extrair dados de cada estudo, calcular estatísticas de resumo apropriadas para cada achado do estudo e depois analisar estas estatísticas de resumo (FELTON et al., 2010). Aplicada aos objetivos do projeto, a meta análise contribuiu para sistematizar as diversas pesquisas elegíveis realizadas sobre SAF na Mata Atlântica, possibilitando um diálogo entre os resultados dos diversos artigos que perpassa os fatores temporal e espacial que os separam.

Nos últimos anos, o número de artigos que trata do tema na Mata Atlântica vem crescendo, o que é fundamental para verificar qual o papel dos sistemas agroflorestais para incrementar a biodiversidade e a provisão de serviços ecossistêmicos comparado com um sistema convencional. A primeira etapa do trabalho foi reunir o maior número de estudos que possuíam medidas quantitativas sobre o efeito dos sistemas agroflorestais nos serviços ecossistêmicos e/ou biodiversidade, comparados com as medidas quantitativas de áreas degradadas ou sob cultivo utilizando métodos convencionais e de ecossistemas de referência. Esta técnica foi usada no sentido de integrar os dados dispersos na literatura de estudos independentes sobre os resultados obtidos com a opção de produção agrícola através dos sistemas agroflorestais e sua relação com a restauração da funcionalidade ecológica da Mata Atlântica, associado à sua capacidade para prover serviços ecossistêmicos e incrementar a biodiversidade. O Anexo 1 sintetiza o projeto, organizado com a ajuda da ferramenta “Quadro Lógico”.

Optou-se pela utilização do response ratio (ou tamanho médio do efeito padronizado) para o cálculo, pois entende-se que esta é uma medida útil para comparar dois grupos naturais que tenham alguma variável dependente quantitativa e com distribuição normal (BORENSTEIN et al., 2009). Essa métrica foi usada para quantificar o tamanho padronizado do efeito (HEDGES et al, 1999) do sucesso da restauração entre sistemas agroflorestais, sistemas convencionais de produção e sistemas de referência em um mesmo estudo (CROUZEILLES et al, 2016). Além disso, a opção por essa métrica levou em conta o fato de que quase metade dos estudos com meta análise em ecologia utilizou o response ratio (NAKAGAWA E SANTOS, 2012; KORICHEVA E GUREVITCH, 2014;) e que para o cálculo são necessários somente a média da variável dependente para dois grupos, enquanto que outras métricas precisam ainda da variância (ou desvio padrão) e os tamanhos da amostra para dois grupos (CROUZEILLES, et al., 2016). Isto não teria sido possível, pois muitos estudos não tinham informações sobre a variância ou desvios padrão.

O response ratio foi calculado como logaritmo neperiano (ln) (média dos sistemas convencionais ou SAF/ média da referência), onde a média é o valor médio para uma variável quantificada considerando todos os sítios amostrais (extraídos das réplicas) (HEDGES et al., 1999).

3.1 – Seleção de estudos

A pesquisa foi realizada a partir de uma busca nas bases de dados de artigos científicos SCOPUS, ISI – Web of Science e Google acadêmico, por um conjunto de combinações por palavras chave. Foram usadas as palavras fixas “Agroforest*” ou “Agrossilvopastoral” ou “Silvopastoral”, e “Atlantic forest” e “Brazil” para artigos em Inglês e “Agroforest*” ou “Agrosilvipastoral” ou “Silvipastoral”, e “Mata Atlântica” e “Brasil” para o levantamento do

número de artigos. Na plataforma de busca SCOPUS, o total de artigos que apareceram com a combinação de palavras chave usadas foram de 52 artigos, e no Web of Science foram 521 artigos (após uso de filtro para o Brasil). No google acadêmico foram analisados os primeiros 500 artigos que apareceram na busca. A Figura 3 apresenta o fluxograma lógico do uso da meta análise aplicado aos objetivos do trabalho.

Para seleção dos artigos que foram usados na meta análise, dentro do universo de 1073 artigos que apareceram com o uso da combinação de palavras chave, os seguintes critérios foram utilizados, com base nos adotados em (BENAYAS et al., 2009; CROUZEILLES et al., 2016; TORRALBA et al., 2016):

- i) Estudo conduzido na Mata Atlântica sobre SAF;
- ii) Com medidas quantitativas de variáveis relacionadas à provisão de serviços ecossistêmicos e/ou;
- iii) Com medidas quantitativas de variáveis relacionadas à biodiversidade;
- iv) Com informações sobre ecossistemas agroflorestais, sistemas produtivos convencionais (agrícolas ou florestais) ou pastagem (referência negativa) e florestas em bom estado de conservação (referência positiva);

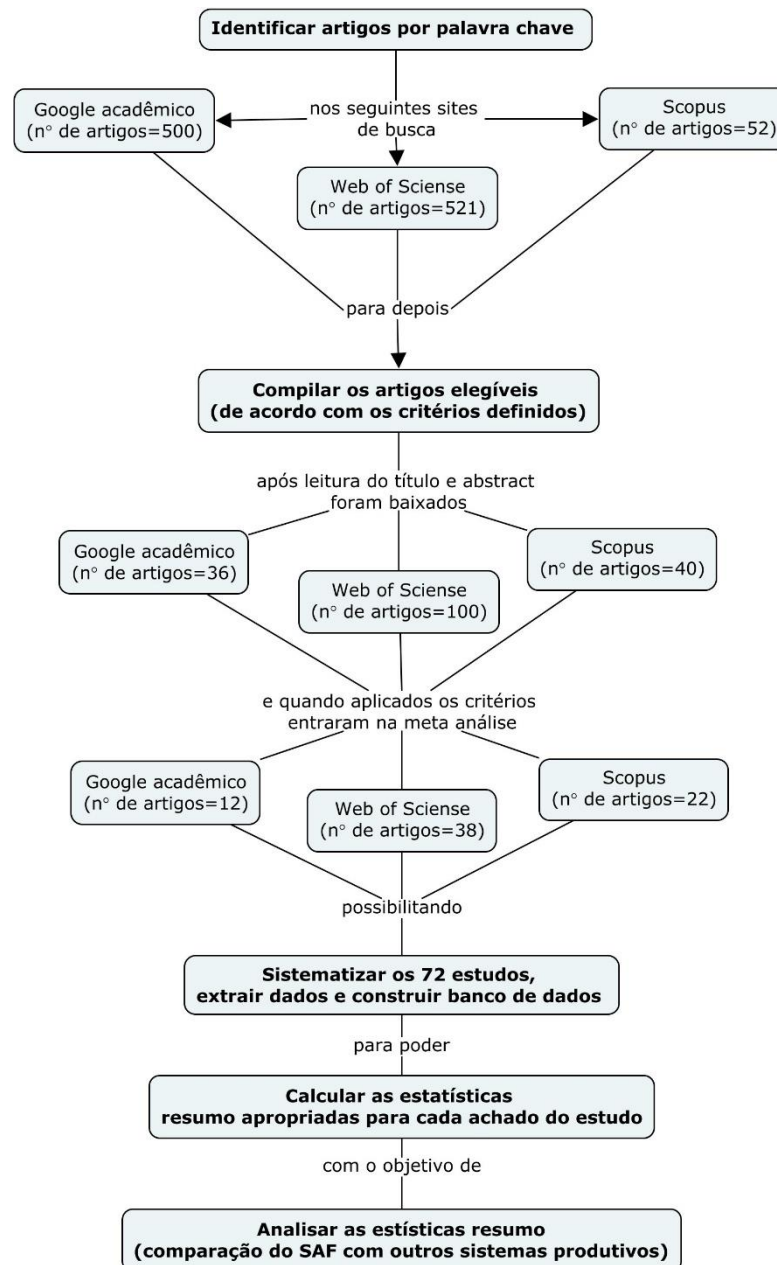


Figura 3 - Fluxograma da aplicação da ferramenta meta análise no contexto do projeto.

Com a definição destes critérios, a etapa seguinte consistiu em realizar a revisão do título e abstract dos 1073 artigos para avaliar se eles possuíam relação com a investigação do problema da pesquisa, sendo um primeiro filtro rápido para seleção e *download* dos artigos.

Após essa primeira seleção, dos 52 artigos do site de busca SCOPUS, 40 artigos foram baixados com base no abstract, e após leitura criteriosa dos 40 artigos e aplicando o critério pré-estabelecido, 22 artigos foram selecionados para a meta análise. No site de busca Web of science, dos 521 artigos que apareceram na primeira busca, 100 artigos foram baixados com base no abstract. Após leitura criteriosa, levando em conta os quatro critérios, o número de artigos selecionados para a meta análise foi reduzido para 38. No google acadêmico, após avaliação do abstract dos 500 artigos, foram baixados 36 e com a aplicação dos critérios o número foi reduzido para 12. No total, portanto, foram selecionados 72 artigos para a meta análise. O anexo 2 contém informações básicas de cada estudo incluído na meta análise (citação, tipo de SAF, métrica avaliada e referência completa).

Todos os 72 estudos foram analisados e sistematizados na forma de banco de dados, gerando um total de 1.700 observações em 143 sítios diferentes. O Sudeste concentrou 52,78% dos estudos, sendo a região com maior número de artigos, seguido pelo Nordeste com 40,28% e pelo Sul com apenas 6,94% das pesquisas. No Nordeste, a grande maioria das pesquisas foram realizadas no estado da Bahia (37,50% dos 40,28%) e duas únicas realizadas no estado do Pernambuco, enquanto que no Sudeste a maioria concentrou-se no estado de Minas Gerais (26,39%), seguido pelo estado de São Paulo (12,5%), Rio de Janeiro (11,11%) e o Espírito Santo (4,17%). No Sul, três artigos foram realizados no estado do Paraná, um artigo na divisa do Paraná com São Paulo e um artigo no Rio Grande do Sul. A Tabela 2 resume a distribuição espacial dos estudos por estados incluídos na meta análise e a Figura 4 apresenta a distribuição espacial por municípios na forma de um mapa, em contraste com a área de abrangência do bioma Mata Atlântica.



Figura 4 - Mapa ilustrando a distribuição espacial por municípios dos estudos sistematizados no banco de dados em contraste com a área de abrangência do bioma Mata Atlântica.

Ao observar a Tabela 2 é possível destacar que o estado da Bahia concentrou a maior parte dos estudos, representando 37,50% das pesquisas, enquanto que o segundo estado com maior número de estudos foi Minas Gerais (26,39%) e o terceiro São Paulo (12,5%), em seguida Rio de Janeiro e Paraná (11,11% e 5,56%, respectivamente), seguidos pelo Espírito Santo

(4,17%), Pernambuco (2,78% cada) e Rio Grande do Sul (1,39), que completam o panorama de distribuição dos estudos por estado, como pode ser visto na Figura 5.

Tabela 2 - Número de estudos e porcentagem do total de estudos sistematizados no banco de dados por região e estado.

Região/estado	Nº de estudos	% do total
Nordeste	29	40,28
Bahia	27	37,50
Pernambuco	2	2,78
Sudeste	38	52,78
Minas Gerais	19	26,39
São Paulo	9	12,50
Rio de Janeiro	8	11,11
Espírito Santo	3	4,17
Sul	5	6,94
Paraná	4	5,56
Rio Grande do Sul	1	1,39
Total	72	100

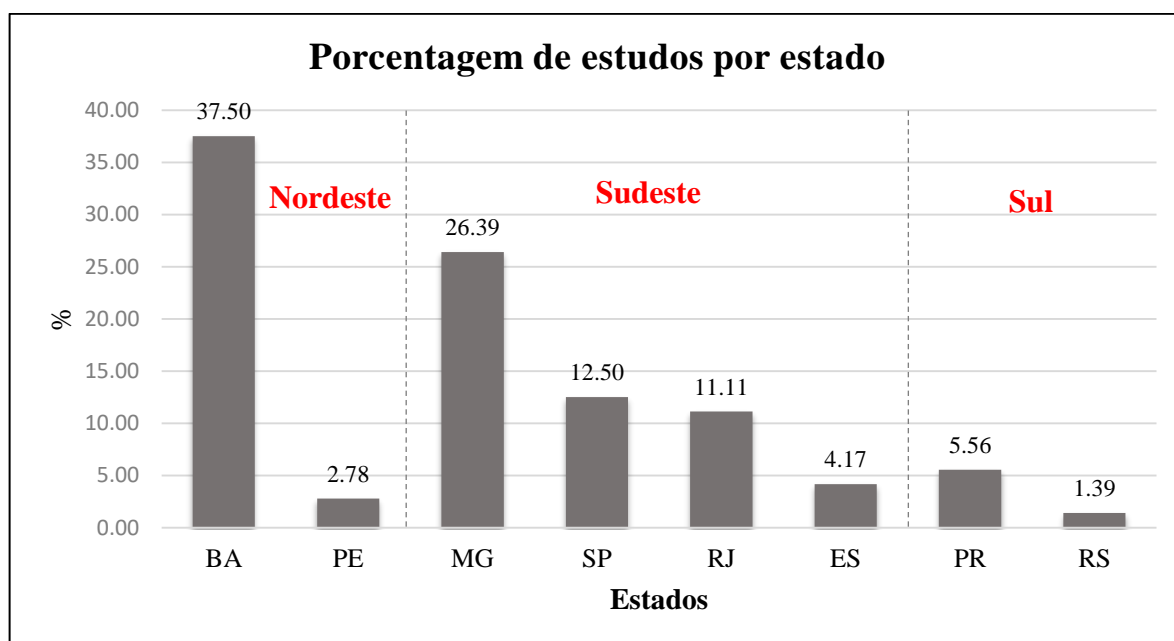


Figura 5 - Gráfico de barras ilustrando a distribuição em % do total de estudos sistematizados no banco de dados por estado.

Ao analisar os tipos de sistemas agrofloretais principais avaliados nestas pesquisas, utilizando o recorte por estado, é possível identificar que na Bahia por exemplo, os principais sistemas agrofloretais estudados foram os sistemas cabruca, onde o objetivo é a produção do cacau sombreado por árvores da Mata Atlântica, variando dos mais diversificados (alto número de espécies sob dossel da Mata Atlântica) para os mais simplificados, trabalhados em diferentes consórcios para sombreamento do cacau (Cacau e Eritrina, Cacau e Seringueira, Cacau e Ingá ou Acácia). A provável razão dessa alta concentração de estudos na Bahia, principalmente no Sul e sobre sistemas agrofloretais com foco na produção de cacau sombreado, deve-se ao fato de que a região do Sul da Bahia é conhecida como a maior região cacauceira do Brasil, onde

existe a tradição do cultivo sombreado difundido entre os produtores e de que existem alguns centros de pesquisa sobre o cacau na região. Em Minas Gerais, outra imagem aparece, saindo das lavouras cacauzeiras cultivadas na sombra no Sul da Bahia para os cafezais sombreados da Zona da Mata de Minas Gerais. Neste caso, diferente do sistema cabruca, em que se cultiva o cacau na sombra da floresta da Mata Atlântica, os cafezais sombreados na maioria dos casos, consistiam de consórcios simplificados, com uma ou duas espécies fazendo a função do sombreamento e a ciclagem de nutrientes, ou então modelos mais biodiversos, sob a lógica da sucessão natural. As espécies mais utilizadas nos casos de consórcios simplificados eram *Inga* sp., *Gliricídia* e a *Eritrina* sp., todas leguminosas fixadoras de Nitrogênio. No caso das agroflorestas sucessionais, cerca de 25 espécies são utilizadas, formando estratos de altura semelhante às florestas naturais da Mata Atlântica, com a presença de bananas, abacates, cedros, ingás, palmitos juçara e pupunha, frutas diversas e o café no estrato baixo (CARDOSO et al., 2003; CAMPANHA et al., 2004; SOUZA et al., 2010; GUIMARÃES et al., 2014).

Os SAF, no contexto deste trabalho, serão considerados como formas de uso e manejo dos recursos naturais nos quais espécies lenhosas (árvores, arbustos e palmeiras) são utilizadas em associações deliberadas com cultivos agrícolas e/ou animais, na mesma área, de maneira simultânea ou sequencial (OTS/CATIE, 1986; MAY E TROVATO, 2008).

3.2 – Critérios para classificação dos sistemas produtivos - SAF biodiverso, SAF simples e sistemas convencionais

Os sistemas produtivos foram classificados em três categorias: convencional, sistema agroflorestal simples (SAF simples) e sistema agroflorestal biodiverso (SAF biodiverso). Os sistemas de produção convencionais são monoculturas de culturas agrícolas ou florestais, além das pastagens. Alguns exemplos são plantios de uma única cultura, como o milho, cana de açúcar, feijão, café, cacau e eucalipto. Os sistemas agroflorestais foram classificados a partir de trabalhos prévios (GOTSCH, 1992; PENEREIRO, 1999; AMADOR, 2000; SCHROTH et al 2004; PENEREIRO, 2007; MAY E TROVATO, 2008; MICCOLIS et al 2016). A classificação leva em conta aspectos relacionados a estrutura e diversidade da vegetação, as dinâmicas de manejo adotadas e a complexidade de interações (no tempo e no espaço) dos sistemas agroflorestais. Essas características apresentam implicações no funcionamento do ecossistema, na ciclagem de nutrientes e na manutenção da biodiversidade (SCHROTH et al 2004; STEENBOCK et al., 2013; MICCOLIS et al 2016;). A Tabela 3 apresenta as principais características dos sistemas citados.

SAF simples – consiste em sistemas agroflorestais que utilizam baixa variedade de espécies (<5 espécies) e com a predominância de, no máximo, 3 estratos de altura (dominante, intermediário e cobertura viva). Geralmente as culturas são plantadas em faixas ou em linhas permanecendo o mesmo consórcio de plantas ao longo do tempo, visando otimizar o processo produtivo e a geração de receitas, podendo ser silviagrícola, silvipastoril ou agrossilvipastoril.

SAF biodiverso (também denominado sucessional ou complexo) – consiste em sistemas agroflorestais com alta diversidade de espécies (>5 espécies), baseado no ecossistema local, com aproveitamento e utilização de espécies nativas locais e/ou espécies exóticas similares em sua função ecológica, com dinâmica de manejo (sucessional) e produção escalonada ao longo do tempo. Trata-se de um sistema mais complexo e exigente em manejo e mão de obra visando criar abundância no sistema e otimização da produção agroflorestal.

Através das definições colocadas acima e levando em consideração as características citadas sobre esses tipos de SAF nas referências mencionadas, chegou-se ao seguinte critério para classificar os estudos em SAF biodiverso, SAF simples e sistemas convencionais:

Tabela 3 - Critérios para classificação dos tipos de sistemas agroflorestais

Variáveis	SAF biodiverso	SAF simplificado
Nº de espécies	- Alto número de espécies (>5);	- Baixo número de sp (<5);
Nº de estratos	- Multi estratificado (>3 estratos, geralmente dividido em rasteiro, baixo, médio, alto e emergente ou em pioneiras, secundária I, secundária II, secundária III e Primárias.	- Até 3 estratos (dominante, intermediário e cobertura viva);
Manejo de espécies nativas e exóticas	- Baseado no ecossistema local, aproveitando e utilizando espécies nativas do local e/ou espécies exóticas similares em sua função ecológica;	- Pode ou não utilizar espécies nativas e geralmente as culturas são plantadas em faixas ou em linhas;
Presença de animais	Pode ou não ter a presença de animais (sistema agrossilvipastoril diversificado);	Pode ou não ter a presença de animais (sistema silvipastoril ou agrossilvipastoril);
Baseado no processo de sucessão ecológica	- Utiliza a sucessão ecológica do local ao longo do tempo como princípio, associada a dinâmica de manejo (sucessional) e produção escalonada ao longo do tempo;	- Não se baseia no ecossistema e na sucessão natural do local;
Exemplos	- Consórcios diversificados: Cabruças (cacau sombreado por espécies da Mata Atlântica); bananais sombreados das comunidades caiçaras e quilombolas, consórcios tradicionais araucária/ervamate, cafezais biodiversos da zona da mata, agroflorestas sucessionais, sistemas agroflorestais complexos, agrofloresta multi estrata, quintais biodiversos com galinha entre outros.	- Consórcios simplificados: Cafezais sombreados com espécies arbóreas, como o ingá, a gliricídia, erytrina, além de outras legumiosas ou frutíferas como o abacate; Cacau sombreado com erytrina e outras leguminosas ou com espécies comerciais como a seringueira; Eucalipto com milho/soja; pastos sombreados por 1 ou 2 sp (albizia, eucalipto, araucária), gado com eucalipto e milho; milho/ feijão e uma espécie de árvore.

A seguir, apresentamos uma breve descrição e ilustração dos diferentes tipos de sistemas agroflorestais, de acordo com a classificação adotada.

- Sistemas agroflorestais simples

a) Silviagrícola

- Caracterizados pela combinação de árvores, arbustos, palmeiras ou bambus com espécies agrícolas, como o milho, feijão, abóbora ou a mandioca. Alguns exemplos são os cafezais sombreados por ingá ou gliricídia, ou cacau na sombra de espécies leguminosas ou comerciais, como a Eritrina ou a Seringueira (Figuras 6 e 7).



Figura 6 - Cacao sombreado pela seringueira (Fonte: Filho, 2010).



Figura 7 - Café sombreado com Teca, Cedro e Abacate (Fonte: UFLA, 2016).

b) Silvipastoril

- Caracterizados pela combinação de espécies perenes (árvores, arbustos ou palmeiras) com plantas forrageiras herbáceas e animais. Nesta categoria temos alguns exemplos como o Eucalipto consorciado com gramíneas e gado ou as cercas vivas de gliricídia que dividem os piquetes do gado (Figuras 8 e 9).



Figura 8 - Eucalipto, gramínea forrageira e gado de leite (Fonte: Site Embrapa).



Figura 9 - Gliricídia como cerca viva forrageira, gramínea e gado (Fonte: Tropical forages).

c) Agrossilvipastoril

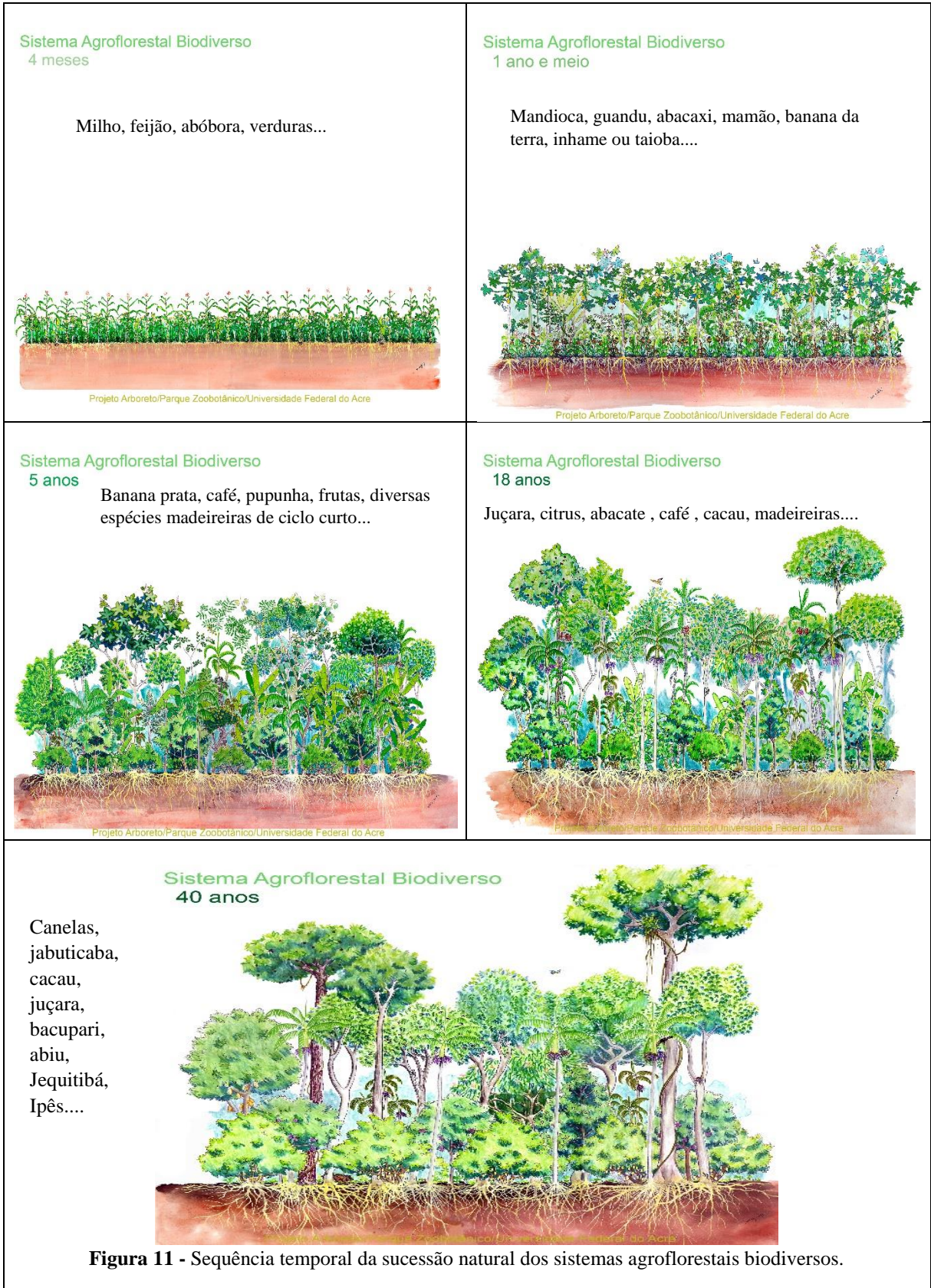
- Caracterizados pela criação e manejo de animais em consórcios silviagrícolas. Como exemplo temos o Eucalipto consorciado com soja e gramíneas (Figura 10).



Figura 10 - Eucalipto, milho e pastagem (Fonte: Site Embrapa)

- Sistemas agroflorestais biodiversos

Incluem, por exemplo, as agroflorestas sucessionais ou biodiversas (Goetsch, 1992); (Penereiro, 1999), os quintais agroflorestais biodiversos com galinhas e os sistemas silvipastoris intensivos. As imagens da Figura 11 ilustram o “caminho” semelhante à sucessão natural que percorre as agroflorestas caracterizadas como biodiversas (Projeto arboreto, 2010), enquanto que as Figuras 12 e 13 são exemplos dos SAF biodiversos com a criação de animais.





Silvipastoris com a manejo de sucessão vegetal

Figura 12 - Sistemas silvipastoris intensivos (Fonte: RESTREPO, 2011).



Figura 13 - Galinhas criadas em quintais agroflorestais biodiversos. (Fonte: Site PESAGRO)

Interessante destacar que Torralba et al. (2016) realizaram estudo semelhante em que avaliam o contexto dos SAF na Europa e seu potencial de incrementar a biodiversidade e serviços ecossistêmicos, entretanto utilizam para suas análises três tipos de SAF (Sistemas Agroflorestais – Sistemas Silvipastoris – Sistemas mistos (paisagens em que predominavam os sistemas agroflorestais)).

Ao analisar com maiores detalhes os documentos selecionados, foram identificadas as variáveis controle, como o tipo de SAF (Sistemas agroflorestais simples ou biodiversos) e as variáveis explicativas, como medidas no campo (associadas a serviços ecossistêmicos e à biodiversidade).

Foram registrados: (i) Autor(es); (ii) site de busca; (iii) email do autor; (iv) Ano de realização do estudo; (v) Região do país; (vi) Estado; (vii) Município; (viii) fitofisionomia da Mata Atlântica; (ix) Precipitação anual média; (x) Temperatura média; (xi) Clima (Koppen); (xii) Tipo de solo (classe); (xiii) Coordenadas latitude e longitude; (xiv) Altitude; (xv) tipo de uso do solo; (xvi) Tipo de métrica ecológica utilizada para avaliar a biodiversidade ou serviços ecossistêmicos; (xvii) valor quantitativo da métrica ecológica da biodiversidade ou da métrica dos serviços ecossistêmicos para os SAF, ecossistema de referência e/ou sistemas produtivos convencionais; (xviii) Número de espécies do SAF; (xix) Observações (arranjo do SAF, adubação, histórico, espécies etc.); (xx) Publicação.

Com relação ao tipo de métrica ecológica utilizada para avaliar a biodiversidade ou serviços ecossistêmicos, levamos em consideração as questões colocadas por Ruiz-Jaen e Aide (2005) que discorrem sobre as medidas de monitoramento mais usadas em projetos de restauração para monitorar a evolução e o sucesso das intervenções no que diz respeito à funcionalidade ecossistêmica e ao incremento da biodiversidade. Os autores apontam que apesar da Sociedade Internacional de Restauração Ecológica (SER, 2004) ter definido em um *Primer* uma lista com nove atributos ecossistêmicos como base ou guia para medir o sucesso de uma iniciativa de restauração, pouquíssimos estudos têm os recursos financeiros necessários para monitorar todos esses atributos. São eles: (1) diversidade e estrutura da comunidade semelhantes aos sítios de referência; (2) presença de espécies nativas; (3) presença de grupos funcionais necessários a estabilidade a longo prazo; (4) capacidade do ambiente físico para sustentar populações reprodutoras; (5) funcionamento normal; (6) integração com a paisagem; (7) eliminação de potenciais ameaças; (8) resiliência a distúrbios naturais; e (9) autossustentabilidade. Os mesmos autores afirmam que na prática a maioria dos estudos avaliou medidas que podem ser categorizadas em três atributos ecossistêmicos principais: (1) diversidade (geralmente medida pela riqueza e abundância de organismos em diferentes níveis tróficos); (2) estrutura da vegetação (determinada por medidas de cobertura da vegetação, densidade de árvores, biomassa ou perfil da vegetação); e (3) processos ecológicos (ciclagem de nutrientes e interações biológicas – micorrizas, herbivoria). As variáveis relacionadas a métricas que medem a qualidade dos solos foram classificadas em tipos de serviços ecossistêmicos de acordo com Jónsson e Davidodóttir (2016) e Adhikari e Hartemink (2016).

Para categorizar os serviços ecossistêmicos avaliados, seguiremos a classificação utilizada por Barral et al. (2015) neste trabalho, em que classificam os serviços de acordo com o Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005). O documento divide em 4 tipos os serviços ecossistêmicos: (1) regulação, (2) provisão, (3) suporte e (4) cultural. A Tabela 4 lista alguns exemplos, por tipo de serviço.

Tabela 4 - Classificação do MEA (2005) dos tipos de serviços ecossistêmicos e alguns exemplos.

Tipo de Serviço Ecossistêmico	Exemplos
Provisão	Alimentos (cultivo agrícola, peixes, criação de animais, extrativismo) fibras (madeira, algodão, seda) combustível, recursos genéticos, recursos bioquímicos, plantas medicinais, recursos ornamentais, água, água em rios para gerar energia.
Regulação	Qualidade do ar e da água, regulação do clima, regulação da água, regulação da erosão, purificação da água e matéria orgânica, regulação de doenças, regulação de pragas, polinização, regulação de desastres naturais.
Cultural	Diversidade cultural, valores espirituais e religiosos, sistemas de conhecimento (tradicional e formal), valores educacionais, inspiração, valores estéticos, relações sociais, noção do lugar, valores do patrimônio cultural, recriação e ecoturismo.
Suporte	Formação de solos, fotossíntese, produção primária, ciclagem de nutrientes, ciclo hidrológico,

Ambos estudos (BENAYAS et al., 2009; CROUZEILLES et al., 2016) utilizam pesquisas que contenham uma análise comparando ecossistemas a) restaurados, b) referência e c) degradados. No caso desta pesquisa, verificamos o potencial dos sistemas agroflorestais para manutenção da funcionalidade ecológica em comparação com sistemas de produção convencionais ou ecossistemas degradados, além de florestas em bom estado de conservação como ecossistemas de referência.

4 – RESULTADOS

Através do método utilizado chegou-se ao resultado de que os sistemas agroflorestais biodiversos obtiveram níveis de biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos superiores em relação aos sistemas convencionais e aos sistemas agroflorestais simples, além de manterem níveis próximos dos sistemas de referência na Mata Atlântica. Entretanto, nenhum dos sistemas produtivos consegue igualar a capacidade que as florestas em bom estado de conservação têm de manutenção dos níveis de biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos na Mata Atlântica.

4.1 - Efeitos na biodiversidade

A Figura 14 demonstra que os valores para as medidas de biodiversidade foram menores em todos os sistemas produtivos do que no sistema de referência (linha pontilhada indica não ter diferença do sistema de referência). Dentre os sistemas produtivos, os sistemas agroflorestais biodiversos apresentaram os valores mais próximos dos sistemas de referência (tamanho médio do efeito foi -0,1 e variou entre -0,08 à -0,12), maiores do que nos sistemas agroflorestais simples (tamanho médio do efeito foi -0,25 e variou entre -0,22 à -0,28), que por sua vez foram maiores do que os sistemas convencionais (tamanho médio do efeito foi -0,55 e variou entre -0,52 à -0,58). Para todas as situações houveram diferenças estatísticas significativas (Figura 14).

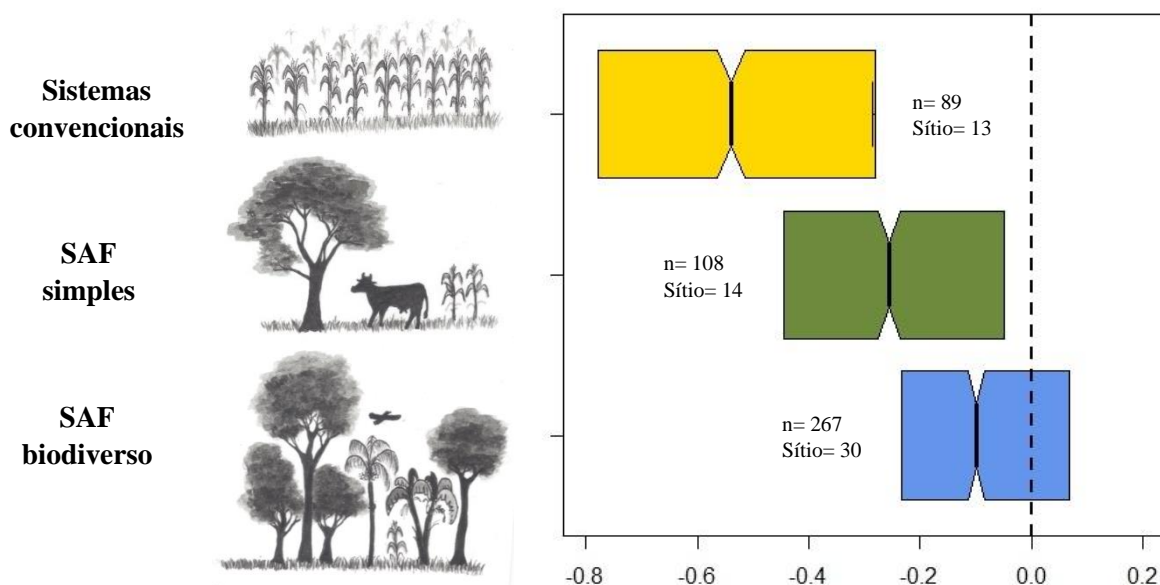


Figura 14 – *Bootstrapped response ratios* para efeitos na biodiversidade no bioma Mata Atlântica para sistemas convencionais, sistemas agroflorestais simples e sistemas agroflorestais biodiversos comparados com sistemas de referência. Linha pontilhada indica não ter diferença do sistema de referência (Floresta em bom estado de conservação). Efeitos positivos indicam maiores valores de biodiversidade nos sistemas de produção do que no sistema de referência. O oposto vale para os efeitos negativos. n= tamanho da amostra, sítio= número de sítios (*bootstrapped sample size* utilizada para evitar pseudo replicação espacial). O gráfico box plot mostra o valor médio, e a variação entre o primeiro e o terceiro quartil dos *response ratios* remodelados. Entalhes nas caixas representam intervalos de confiança de 95% e entalhes que não se sobrepõem entre as caixas implica diferença estatística significativa (KRZYWINSKI E ALTMAN, 2014; CROUZEILLES et al., 2016).

4.2 - Efeitos nos serviços ecossistêmicos

A Figura 15 apresenta os efeitos dos três diferentes sistemas de produção nos serviços ecossistêmicos no bioma da Mata Atlântica. Como podemos observar, semelhante ao resultado para biodiversidade, todos os sistemas produtivos obtiveram valores menores para as medidas

de serviços ecossistêmicos do que o sistema de referência. Os sistemas agroflorestais biodiversos apresentaram novamente os valores mais próximos dos sistemas de referência, agora em relação a oferta de serviços ecossistêmicos (tamanho médio do efeito foi $-0,01$ e variou entre $-0,075$ à $-0,125$). Tais valores se mostraram maiores do que os apresentados pelos outros 2 sistemas produtivos (sistemas convencionais e SAF simplificado) que variaram entre $-0,76$ à $-0,68$ e entre $-0,79$ à $0,71$, respectivamente. Nesse caso não há diferença estatística significativa entre os dois sistemas produtivos.

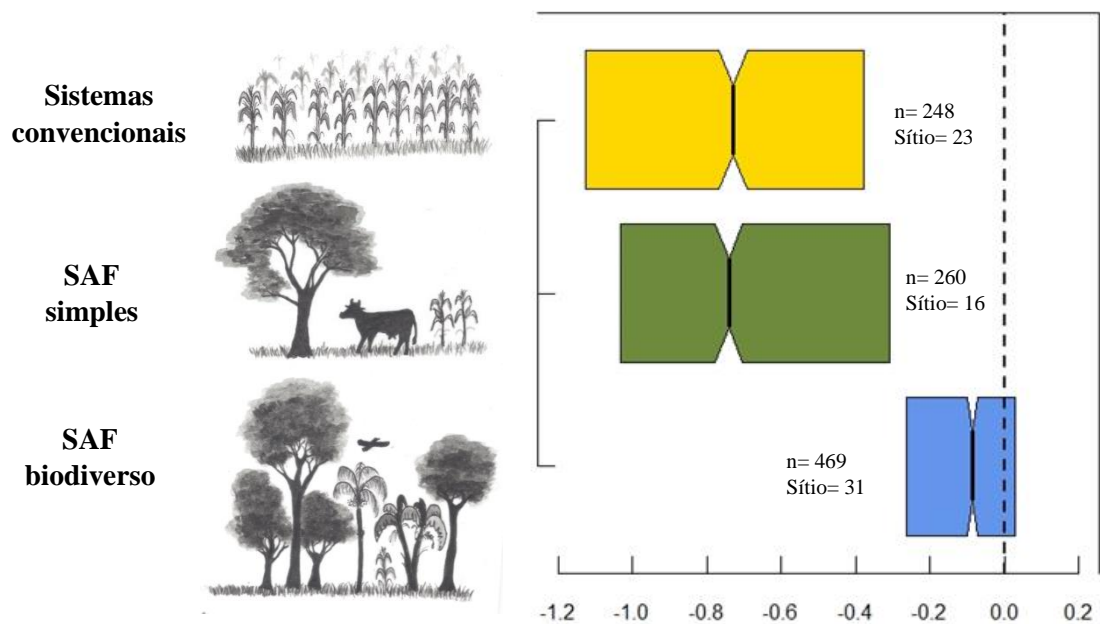


Figura 15 — *Bootstrapped response ratios* para efeitos nos serviços ecossistêmicos (MEA,2005) no bioma Mata Atlântica para sistemas convencionais, sistemas agroflorestais simples e sistemas agroflorestais biodiversos comparados com sistemas de referência. Linha pontilhada indica não ter diferença do sistema de referência (Floresta em bom estado de conservação). Efeitos positivos indicam maiores valores na oferta de serviços ecossistêmicos nos sistemas de produção do que no sistema de referência. O oposto vale para os efeitos negativos. n= tamanho da amostra, sítio= número de sítios (*bootstrapped sample size* utilizada para evitar pseudo replicação espacial). O gráfico box plot mostra o valor médio, e a variação entre o primeiro e o terceiro quartil dos *response ratios* remodelados. Entalhes nas caixas representam intervalos de confiança de 95% e entalhes que não se sobrepõem entre as caixas implica diferença estatística significativa (KRZYWINSKI E ALTMAN, 2014; CROUZEILLES et al., 2016).

A partir da análise detalhada por tipo de serviço ecossistêmico (suporte e regulação) foi possível verificar que os sistemas produtivos apresentam valores mais baixos em relação aos sistemas de referência para as medidas de regulação do que para as medidas de suporte. O baixo número de comparações e sítios para avaliar o efeito dos sistemas produtivos no serviço de regulação (Figura 16) podem ter influenciado o resultado negativamente. De qualquer forma, um resultado interessante de ser destacado foi que os sistemas agroflorestais simples apresentaram valores de medidas para serviços de regulação menores do que os sistemas convencionais, (os tamanhos médios do efeito variaram entre $-7,8$ à $-7,3$ e entre $-4,8$ à $-4,5$, respectivamente).

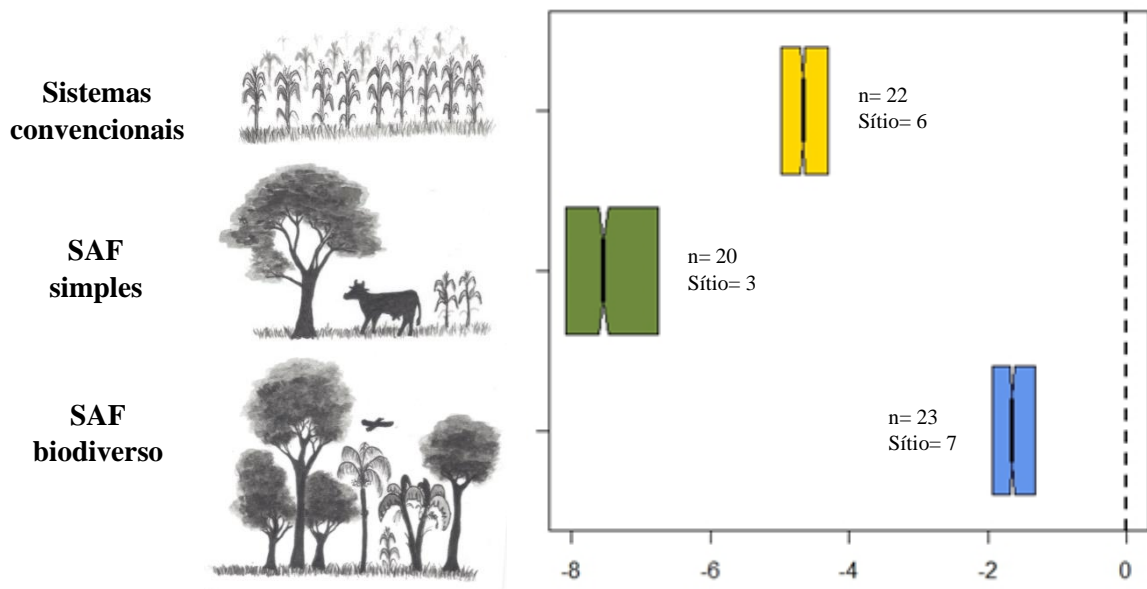


Figura 16 - *Bootstrapped response ratios* para efeitos nos serviços ecossistêmicos de regulação (MEA,2005) no bioma Mata Atlântica para sistemas convencionais, sistemas agroflorestais simples e sistemas agroflorestais biodiversos comparados com sistemas de referência. Linha pontilhada indica não ter diferença do sistema de referência (Floresta em bom estado de conservação). Efeitos positivos indicam maiores valores na oferta de serviços ecossistêmicos nos sistemas de produção do que no sistema de referência. O oposto vale para os efeitos negativos. n= tamanho da amostra, sítio= número de sítios (*bootstrapped sample size* utilizada para evitar pseudo replicação espacial). O gráfico box plot mostra o valor médio, e a variação entre o primeiro e o terceiro quartil dos response ratios remodelados. Entalhes nas caixas representam intervalos de confiança de 95% e entalhes que não se sobrepõem entre as caixas implica diferença estatística significativa (KRZYWINSKI E ALTMAN, 2014; CROUZEILLES et al., 2016).

Já o resultado dos efeitos dos diferentes sistemas de produção nos serviços de suporte no bioma Mata Atlântica, apresentado na Figura 17, percebe-se outra situação se comparada ao resultado nos serviços de regulação. Nesse caso, não há diferença significativa entre os valores dos sistemas agroflorestais biodiversos e os valores dos sistemas de referência (tamanho médio do efeito foi 0,1 e variou entre 0 à 0,03). Contudo, para os outros dois sistemas produtivos (sistemas convencionais e sistemas agroflorestais simples) há uma diferença significativa para os sistemas de referência e entre eles, com valores menores nos sistemas convencionais do que os sistemas agroflorestais simples (-0,19 à -0,16 e -0,14 à -0,11, respectivamente).

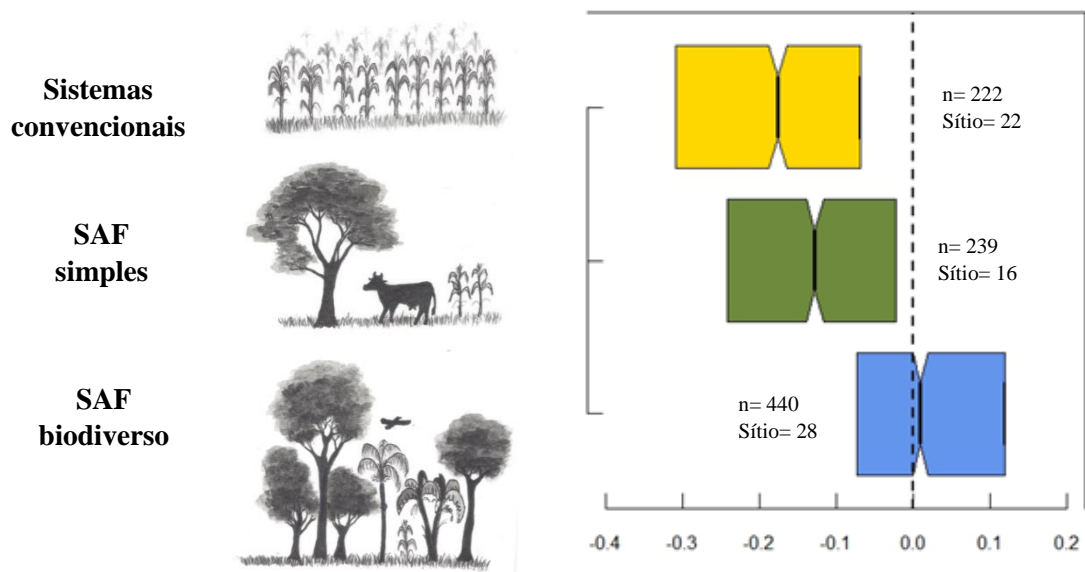


Figura 17 - *Bootstrapped response ratios* para efeitos nos serviços ecossistêmicos de suporte (MEA,2005) no bioma Mata Atlântica para sistemas convencionais, sistemas agroflorestais simples e sistemas agroflorestais biodiversos comparados com sistemas de referência. Linha pontilhada indica não ter diferença do sistema de referência (Floresta em bom estado de conservação). Efeitos positivos indicam maiores valores na oferta de serviços ecossistêmicos nos sistemas de produção do que no sistema de referência. O oposto vale para os efeitos negativos. n= tamanho da amostra, sítio= número de sítios (*bootstrapped sample size* utilizada para evitar pseudo replicação espacial). O gráfico box plot mostra o valor médio, e a variação entre o primeiro e o terceiro quartil dos response ratios remodelados. Entalhes nas caixas representam intervalos de confiança de 95% e entalhes que não se sobrepõem entre as caixas implica diferença estatística significativa (KRZYWINSKI E ALTMAN, 2014; CROUZEILLES et al., 2016).

5 – DISCUSSÃO

Essa foi a primeira vez que um estudo analisa os efeitos na biodiversidade e serviços ecossistêmicos de sistemas agroflorestais no bioma Mata Atlântica através da meta análise. Nesse trabalho foi possível reunir um grande número de estudos, de diferentes locais, contextos, práticas de manejo adotadas e, sobretudo, agrupar em uma mesma análise a ampla variedade de métricas ecológicas utilizadas para o monitoramento dos efeitos dos sistemas agroflorestais na restauração dos processos ecológicos.

Os resultados encontrados sugerem que as florestas em bom estado de conservação na Mata Atlântica são insubstituíveis do ponto de vista da biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos, ou seja, as áreas com cobertura florestal bem conservadas na Mata Atlântica ainda são as melhores opções para conservação da biodiversidade e da funcionalidade dos ecossistemas, como sugerem Schroth et al., (2004) e Navas et al (2016). No entanto, cabe ressaltar que outras meta análises realizadas com projetos de restauração também indicaram o mesmo padrão (BENAYAS et al., 2009 e CROUZILLES, et al., 2016) para medidas de restauração em relação aos sistemas de referência numa escala global. Portanto, é nítida a diferença entre os sistemas agroflorestais com as florestas em bom estado de conservação, porém com os projetos de restauração há semelhanças. Isto é, os sistemas agroflorestais podem estar cumprindo a função tão bem como os projetos de restauração.

Os resultados demonstraram que os sistemas agroflorestais biodiversos têm a capacidade de incrementar os níveis de biodiversidade e de provisão de serviços ecossistêmicos em relação aos sistemas agroflorestais simples e aos sistemas convencionais no bioma Mata Atlântica. Conforme concluem Navas et al (2016), os sistemas agroflorestais biodiversos podem ser a melhor opção para restaurar áreas degradadas e têm o maior potencial de contribuir com a conservação da biodiversidade dentre os tipos de sistemas agroflorestais (SCHROTH et al., 2004), pois são os mais próximos da estrutura e função das florestas naturais.

A partir da perspectiva da restauração ecológica *sensu strictu*, em que o objetivo é restabelecer a trajetória histórica de determinado ecossistema (SER, 2004), nenhum dos sistemas produtivos cumpre plenamente esta finalidade. Já se olharmos pela lógica da restauração de paisagens e florestas, onde o objetivo principal é a restauração da funcionalidade dos processos ecossistêmicos através de paisagens multifuncionais que promovam o bem-estar humano (Lamb et al., 2012), os sistemas agroflorestais biodiversos pelos resultados apresentados neste trabalho seriam fundamentais na composição do mosaico de uso do solo das propriedades da Mata Atlântica, pois ao mesmo tempo em que gera renda e segurança alimentar, são os sistemas produtivos que mais se assemelham aos ecossistemas de referência em relação aos níveis de biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos. Integrado às áreas protegidas com floresta em bom estado de conservação, os sistemas agroflorestais biodiversos poderiam formar gradientes que reduziriam o efeito de borda dos fragmentos florestais e/ou atuar como um corredor ecológico para melhor fluxo da fauna na Mata Atlântica (SCHROTH et al., 2004) com possibilidade de melhor aproveitamento dos benefícios já mencionados.

Incertezas sobre qual seria a melhor opção para restauração ecológica de determinada área em termos do sucesso de restauração dos processos ecológicos, entre os sistemas agroflorestais e os métodos de restauração mais utilizados (plantio de mudas, semeadura direta e condução da regeneração natural) não puderam ser respondidas neste trabalho e precisam ser melhor investigadas. Assim como podemos afirmar que nenhum sistema produtivo avaliado consegue recuperar ou manter os processos ecossistêmicos e a biodiversidade no mesmo nível dos ecossistemas de referência e que os sistemas agroflorestais biodiversos têm valores positivos em relação aos sistemas produtivos convencionais, Crouzeilles et al., (2016) conclui que os métodos de restauração conseguem incrementar a biodiversidade e a oferta de serviços

ecossistêmicos em relação às áreas degradadas, mas não em relação aos ecossistemas de referência. Portanto mais estudos que comparem a capacidade de restaurar os processos ecológicos entre sistemas agroflorestais biodiversos e métodos convencionais de restauração são necessários para melhor entendimento do potencial de cada método.

Uma análise com os sistemas agroflorestais na Europa (TORRALBA et al, 2016) indicou resultados semelhantes, concluindo um efeito positivo significativo dos sistemas agroflorestais para provisão de serviços ecossistêmicos e biodiversidade em relação aos sistemas convencionais, mesmo com as significativas diferenças entre os dois ecossistemas. Essa análise confirma a premissa de que sistemas agroflorestais que são estruturalmente e funcionalmente mais complexos do que monoculturas florestais e agrícolas resultam em maiores diversidades estruturais que por sua vez contribuem para ciclagem de nutrientes, redução de erosão e incremento da biodiversidade, sem necessariamente comprometer a produtividade (Nair, 2007).

Diversas pesquisas procuram investigar esses temas de maneira específica, escolhendo uma ou algumas métricas ecológicas para avaliar o efeito dos diferentes sistemas de produção nos processos ecossistêmicos e na biodiversidade e a partir dessa avaliação afirmar qual modelo de produção traz os melhores resultados. Schroth et al (2015), por exemplo, investigaram a contribuição das agroflorestas no estoque de carbono na paisagem, Silveira et al (2007) analisaram o aporte de nutrientes e biomassa via serapilheira, Thomazini e Mendonça (2012) tratam dos efeitos na perda dos solos, água e nutrientes, enquanto Silva et al (2016) estudaram a diversidade da fauna do solo, Pardini (2004) identifica os efeitos nos pequenos mamíferos e Froufe e Seoane (2011) abordam sobre aspectos relacionados a estrutura e diversidade da vegetação.

Para carbono e controle da erosão, por exemplo, que são tipos de serviços ecossistêmicos de regulação, os resultados encontrados em Schroth et al (2015) e Thomazini e Mendonça (2012) concluíram que os sistemas agroflorestais têm efeito positivo em relação aos sistemas convencionais. Entretanto, os resultados do presente trabalho mostram que quando agrupamos o conjunto de métricas relacionadas à serviços de regulação em uma mesma análise, classificando em sistemas agroflorestais simples e biodiversos, os efeitos dos sistemas agroflorestais biodiversos nos serviços de regulação são realmente positivos em relação aos sistemas convencionais, porém os efeitos dos sistemas agroflorestais simples são negativos. Outra diferença quando analisada dessa maneira, é que nenhum sistema produtivo iguala às florestas em bom estado de conservação no que se refere à serviços de regulação, enquanto que Schroth et al (2015) apontam que o estoque de carbono acima do solo, nos sistemas agroflorestais, excede aqueles encontrados nas florestas naturais na paisagem analisada.

No caso dos serviços ecossistêmicos de suporte, trabalhos prévios como os realizados por Zaia et al (2012) e Tavares et al (2015) que investigaram métricas relacionadas a fertilidade e diversidade de vida nos solos, apresentaram resultados que corroboram com os achados deste estudo, de que os sistemas agroflorestais têm efeito positivo na provisão de serviços de suporte, quando comparados com os sistemas convencionais, e insignificantes em relação aos ecossistemas de referência (Silva et al., 2011).

Em outras situações, alguns autores procuram avaliar esses efeitos para apenas um tipo de modelo de produção, sem comparar com sistemas de referência ou outros modelos de produção. Cassano et al (2011) demonstraram que as agroflorestas de cacau cumprem um papel de habitat para o bicho preguiça (*Bradypus torquatus*). Goulart et al (2011) estudaram a frugivoria de aves em quintais agroflorestais e concluíram que as agroflorestas podem servir como um habitat extra para espécies florestais. Silva et al (2016) estudaram a evolução florística

em sistemas agroflorestais e Xavier et al (2014) trataram da ciclagem de nitrogênio em sistemas silvipastoris. Por último, há também casos em que foram reunidos os dois tipos de estudos citados anteriormente, na forma de uma revisão da literatura, e assim inferido os efeitos positivos dos sistemas agroflorestais na Mata Atlântica (SCHROTH et al., 2001; SCHROTH et al., 2004; MAY E TROVATTO, 2008; STEENBOCK et al., 2013; MICCOLIS et al., 2016; NETO et al., 2015;).

A metodologia utilizada atendeu aos objetivos do trabalho, como uma ferramenta eficaz que consegue analisar estudos distintos sobre um tema específico, mesmo dentro de um recorte espacial reduzido em relação a outros estudos já mencionados (CROUZEILLES et al., 2016; BARRAL et al., 2015; TORRALBA et al., 2016).

6 – CONCLUSÃO

Dentre os sistemas produtivos, os sistemas agroflorestais biodiversos são os mais próximos das florestas em bom estado de conservação em termos de provisão de serviços ecossistêmicos e manutenção dos índices de biodiversidade, portanto são modelos que devem ser cada vez mais integrados na paisagem multifuncional das propriedades rurais para otimização dos processos ecológicos sem prejudicar a função produtiva da propriedade. No entanto, é importante ressaltar que as florestas em bom estado de conservação são insubstituíveis na provisão de serviços ecossistêmicos e conservação da biodiversidade.

Se o objetivo for a utilização para a restauração ecológica, permitido pelo Novo Código Florestal, como no caso da recomposição da APP, para agricultores familiares e reserva legal no caso de médias e grandes propriedades, esforços devem ser feitos na concepção do arranjo de espécies e dinâmicas de manejo para que os benefícios ecológicos sejam maximizados. Identifica-se ainda a necessidade de melhor regulamentação legal para garantir esses benefícios e dar maior segurança jurídica para os proprietários, técnicos e fiscais (MICCOLIS et al, 2016).

Para melhor entendimento sobre qual seria a melhor opção para restauração de APP (SAF ou restauração convencional com plantio de mudas, sementes ou condução da regeneração natural), ainda faltam estudos que comparem essas diferenças para a Mata Atlântica, apontando qual modelo consegue recuperar melhor ao longo do tempo os processos ecológicos. Em comparação com os sistemas produtivos convencionais, os sistemas agroflorestais (especialmente os biodiversos) demonstraram que são alternativas de produção que trazem menor impacto na conservação da biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos na Mata Atlântica, e, conforme apontam (MICCOLIS et al., 2016), são modelos de produção que podem até mesmo trazer maior rentabilidade, portanto devem ser estimulados para que ganhem uma escala maior. As dificuldades na concepção dos sistemas agroflorestais biodiversos para grande escala, são um dos fatores que devem ser melhor investigados, assim como quais experiências com sistemas agroflorestais biodiversos obtiveram melhores resultados na recuperação de processos ecológicos e que ao mesmo tempo trouxeram renda, contribuindo para identificar os pontos críticos, replicar os conceitos e capacitar os interessados.

7 – PERSPECTIVAS

Os próximos passos que foram possíveis de perceber a partir dos resultados encontrados neste estudo, são fazer uma análise dos efeitos dos sistemas agroflorestais na biodiversidade e na manutenção da provisão de serviços ecossistêmicos para todo o Brasil, incluindo as experiências do cerrado, semi-árido e Amazônico. Acredita-se que dessa forma, a discussão do uso dos sistemas agroflorestais para restauração ecológica de APP e reserva legal pela

agricultura familiar e reserva legal para médias e grandes propriedades, possa ser superada e melhor definida em termos de políticas públicas. Um outro comentário possível de ser feito a partir dos resultados encontrados nesse estudo diz respeito a necessidade de ampliação das pesquisas sobre sistemas agroflorestais na Mata Atlântica que contemplem na sua metodologia uma comparação com sistemas de referência e outros modelos de produção, além de uma maior gama de métricas ecológicas monitoradas. As dificuldades para financiamento de pesquisas dessa complexidade são reconhecidas (RUIZ-JAEN E AIDE, 2005), devendo haver maior interação entre atores multidisciplinares (academia, poder público, setor privado, terceiro setor, instituições internacionais e comunidades locais) para superação desses desafios.

Em um cenário ideal, o mais interessante seria realizar um detalhamento da meta-análise em função de cada métrica ecológica descrita por Ruiz-Jaen e Aide (2005), e recomendada para monitoramento do sucesso de projetos de restauração (SER, 2004), ou então, conforme Crouzeilles et al., (2016) que o fizeram para uma meta-análise global, avaliando o sucesso da restauração florestal para incremento da biodiversidade e manutenção dos serviços ecossistêmicos. Nesse caso, os autores avaliaram os efeitos da restauração na biodiversidade, detalhando esses efeitos nos mamíferos, vegetação, invertebrados e aves, por exemplo. Da mesma forma poderíamos avaliar os efeitos dos sistemas agroflorestais nesse nível de detalhamento, nos apontando onde é necessário melhorar nesses modelos de produção para que o sucesso da restauração ecológica, em paralelo com produção de alimentos e geração de renda, seja cada vez mais aperfeiçoado.

Mutirões são uma das vias criadas por agricultores familiares e parceiros que facilitam o manejo e a troca de saberes, promovem melhor organização social e viabilizam o manejo de sistemas agroflorestais mais complexos à baixo custo (STEENBOCK et al., 2013). Para grandes áreas, um dos desafios certamente é o desenvolvimento e adaptação de máquinas para trabalhar com as dinâmicas de manejo necessárias a condução de sistemas agroflorestais mais complexos e biodiversos, entretanto já começam a surgir ações neste sentido (Vídeo “Agrofloresta em larga escala” - Fazenda da Toca - <https://www.youtube.com/watch?v=kujJUse6m1w>). Parcerias entre setor público, academia, setor privado e o terceiro setor devem ser estimuladas, linhas de crédito atraentes poderiam ser criadas para induzir a inovação para o desenvolvimento de tecnologias apropriadas a esta realidade.

Com os resultados encontrados e olhando sob a ótica da restauração de paisagens e florestas no contexto da Mata Atlântica, o mosaico do uso solo idealmente deveria ser composto de:

- Áreas protegidas com floresta em bom estado de conservação;
- Áreas de restauração ecológica com métodos convencionais em áreas de difícil acesso, remotas ou com dificuldade de mão de obra ao longo do tempo;
- Sistemas agroflorestais biodiversos para recuperação das áreas degradadas e formação de corredores ecológicos próximos a locais com assentamentos humanos, mas também nas áreas produtivas de pequenas, médias e grandes propriedades;
- E sistemas produtivos mais simplificados (sistemas agroflorestais simples, pomares, plantios em monocultura) nas áreas em que o impacto dessas ações sejam reduzidos e sempre buscando a adoção de práticas conservacionistas (plantio em curva de nível, plantio direto, rotação de culturas, controle integrado de pragas e doenças, utilização de insumos locais, etc).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADHIKARI, K. e HARTEMINK, A. E. Linking soils to ecosystem services — A global review. *Geoderma*. (2016).

Atlas SOS Mata Atlântica. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período 2013-2014 - Relatório técnico - São Paulo, 2015. Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

AMADOR, D. Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. Restauração ecológica de ecossistemas. (2003).

BARRAL, M. P. et al. Quantifying the impacts of ecological restoration on biodiversity and ecosystem services in agroecosystems: A global meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* (2015).

BENAYAS, J. M. et al Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science*. (2009).

BOLUND, P. e HUNHAMMAR, S. Ecosystem services in urban areas. (1999).

BORENSTEIN, M. et al. Introduction to meta-analysis Wiley. (2009).

BRANCALION, P. H. S. et al. Finding the money for tropical forest restoration. *Unasylva*. (2012).

CALMON, M. et al. Emerging Threats and Opportunities for Large-Scale Ecological Restoration in the Atlantic Forest of Brazil. *Restoration Ecology*. (2011).

CAMPANHA, M. M. et al. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil. *Agroforestry systems*. (2004).

CARDOSO, I. M. et al. Phosphorus pools in Oxisols under shaded and unshaded coffee systems on farmers' fields in Brazil. *Agroforestry systems*. (2003)

CASSANO, C. R. et al. The cacao agroforests of the Brazilian Atlantic forest as habitat for the endangered maned sloth *Bradypus torquatus*. *Mammalian Biology*. (2011).

COSTA, J. R. P. F. Produtor rural, mundo de vivência e inovação: Compreendendo obstáculos à adoção de novas tecnologias. (2003).

CROUZEILLES, R. et al. A global meta-analysis on the ecological drivers of forest restoration success. *Nature Communication*. (2016).

- DITT, E. H. et al. Forest conversion and provision of ecosystem services in the Brazilian Atlantic forest. *L. Degrad. Dev.* (2010).
- FELTON, A. et al. A meta-analysis of fauna and flora species richness and abundance in plantations and pasture lands. *Biological Conservation.* (2010).
- FILHO, H. M. S. et al. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. *Cadernos de Ciência e Tecnologia.* Brasília. (2011).
- FILHO, A. C. V. Sistemas agroflorestais e sustentabilidade. Um enfoque na geração de renda. (2010).
- FROUFE, L. C. M. et al. Potencial de sistemas agroflorestais multiestrata para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de Floresta Atlântica. *Pesquisa Florestal Brasileira.* (2011).
- GÖTSCH, E. Natural succession of species in agroforestry and in soil recovery. Piraí do Norte, Fazenda Três Colinas, 1992. (não publicado).
- GÖTSCH, E. Break-through in agriculture. Rio de Janeiro: AS-PTA, (1995).
- GOULART, F. F. et al. Frugivory by five bird species in agroforest home gardens of Pontal do Paranapanema, Brazil. *Agroforestry Systems.* (2011).
- GUERIN, N. e ISERNHAGEN, I. Plantar, Criar e Conservar: Unindo produtividade e meio ambiente. ISA e Embrapa. (2013).
- GUIMARÃES, G. P. et al. Soil aggregation and organic carbon of oxisols under coffee in agroforestry systems. *R. Brasileira de ciência do solo.* (2014).
- HEDGES, L. V. et al. The meta-analysis of response ratios in experimental ecology. *Ecological Society of America.* (1999).
- JOLY, C. A. et al. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. *Tansley review.* (2014).
- JÓNSSON, J. O. G. E DAVIDODÓTTIR, B. Classification and valuation of soil ecosystem services. *Agricultural Systems.* (2016).
- KORICHEVA, J. e GUREVITCH, J. Uses and misuses of meta-analysis in plant ecology. *J. Ecol.* (2014).
- LAMB, D. et al. Restoration of Degraded Tropical Forest Landscapes. *Science Review.* (2005).
- LAMB, D. et al. What Is Forest Landscape Restoration ? *World forests.* (2012).

- LIVESLEY, S. J. et al. The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. *Journal of Environmental Quality*. (2016).
- LOUREAL, M. et al. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges. *Science*. (2001).
- MAHMOOD, R. et al. Land cover changes and their biogeophysical effects on climate. *International Journal of Climatology*. (2014).
- MANSOURIAN, S. et al. Forest Restoration in Landscapes. WWF's Forests for Life Programme. (2005).
- MAGINNIS, S. et al. The Forest Landscape Restoration Handbook. London. (2007).
- MAY, P. e TROVATO, C. M. M. Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Brasil. (2008).
- MELO F. P. L. et al Priority setting for scaling-up tropical forest restoration projects: Early lessons from the Atlantic forest restoration pact. *Environ. Sci. Policy*. (2013).
- MICCOLIS, A. et al. Restauração ecológica com Sistemas Agroflorestais. Como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga. Guia Técnico, ICRAF. (2016).
- Ministério do Meio Ambiente - MMA (2010) Mata Atlântica: Manual de Adequação Ambiental. Biodiversidade 35. Brasil.
- MYERS, N. et al Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. (2000).
- NAKAGAWA, S. e SANTOS, E. S. A. Methodological issues and advances in biological meta-analysis. *Evol. Ecol*. (2012).
- NAIR, P. K. R. The coming of age of agroforestry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 87. (2007).
- NAVAS, R. e SILVA, R. J. Ecological restoration indicators in agroforestry systems in the Atlantic Forest. *Ciência e Natura*. (2016).
- NETO, M. et al. Avaliação da macrofauna em sistemas de produção agroecológicos, convencionais e mata nativa existentes em assentamentos de reforma agrária do Município De Rio Formoso - PE. *Cadernos de agroecologia*. (2015).
- PENEREIRO, F. M. Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 1999. (Dissertação de Mestrado).
- PERZ, S. Social Determinants and Land Use Correlates of Agricultural Technology Adoption

in a Forest Frontier: A Case Study in the Brazilian Amazon. *Human Ecology*, Vol.31, n° 1. (2003)

PINTO, S. et al. Governing and Delivering a Biome-Wide Restoration Initiative: The Case of Atlantic Forest Restoration Pact in Brazil. *Forests*. (2014).

Rede Brasileira de Restauração Ecológica - REBRE (2016). Disponível em < <http://www.rebre.org/> > Acesso em 19/12/2016

RESTREPO, E. M. Ganaderia sostenible de carne y leche con los sistemas silvopastoriles intensivos. (2011).

RODRIGUES, R. R. et al. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*. (2009).

RUIZ-JAEN, M. C. Restoration success: How is it being measured? *Restoration Ecology* vol. 13 SER. (2005).

SABOGAL, C. C. et al. Forest and Landscape restoration: concepts, approaches and challenges for implementation. *Unasylva*, FAO. (2015).

SCHROTH, G. et al. Nutrient fluxes in rainfall, throughfall and stemflow in tree-based land use systems and spontaneous tree vegetation of central Amazonia. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v.87, p.37-49, 2001.

SCHROTH, G. et al. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Island press. (2004).

SCHROTH, G. et al. Contribution of agroforests to landscape carbon storage. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*. (2015).

SILVA, J. M. C. e TABARELLI, M. The future of the atlantic forest in Northeastern Brazil. *Conserv. Biol*. (2001).

SILVA, M. et al. Soil Fauna Communities and Soil Attributes in the Agroforests of Paraty. *Floresta e Ambiente*. 2016.

SILVEIRA, N. D. et al. Aporte de nutrientes e biomassa via serrapilheira em sistemas agroflorestais em Paraty (RJ). *Ciência Florestal* (2007).

SOARES-FILHO, B. et al Cracking Brazil's Forest Code. *Science - Policy Forum*. (2014).

Sociedade Internacional de Restauração Ecológica – SER. *The SER international primer on Ecological Restoration*. (2004).

SOUZA, H. N. et al. Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome. *Agroforestry systems*. (2010).

STEFFAN, I. et al. Landscape effects on crop pollination services : are there general patterns? (2008).

STEENBOCK, W. et al. Agrofloresta: Aprendendo a produzir com a Natureza. (2013).

STANTURF, J. et al. Forest Restoration Paradigms. Journal of Sustainable Forestry. (2014)

STANTURF, J. et al. Forest Landscape Restoration as a Key Component of Climate Change Mitigation and Adaptation. IUFRO World Series Volume 34. (2015).

TAVARES, P. D. et al. Sistemas agroflorestais e agricultura tradicional promovendo a qualidade do solo na Mata Atlântica. Cadernos de agroecologia. (2015).

THOMAZI, A. et al. Sistemas agroflorestais e agricultura tradicional promovendo a qualidade do solo na Mata Atlântica. R. Brasileira de Agroecologia. (2012).

TORRALBA, M. et al. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. Agriculture, Ecosystem and Environment. (2016).

TROYA, V. e KUMAR, C. O que é restauração de paisagens e florestas? IUCN, Restauração de paisagens e florestas no Brasil – Livro. (2016).

XAVIER, D. F. et al. Nitrogen cycling in a Brachiaria-based silvopastoral system in the Atlantic forest region of Minas Gerais, Brazil. Nutr. Cycl. Agroecosyst. (2014).

World Resource Institute - WRI. 20X20 Initiative, 2014. Disponível em: <<http://www.wri.org/our-work/project/initiative-20x20>>. Acesso em 26/06/2016

ZAIA, F. C. et al. Carbon, nitrogen, organic phosphorus, microbial biomass and N mineralization in soils under cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. Agroforestry systems. (2012).

ZOMMER, R. J. et al. Trees on farms: an update and reanalysis of agroforestry's global extent and socio-ecological characteristics. Working paper, ICRAF. (2014).

ANEXO 1

	Lógica de intervenção	Indicadores	Fontes e meios de verificação	Premissas/ Riscos
1 - Objetivos gerais	<p>1.1 - Realizar uma meta-análise sobre o potencial dos Sistemas Agroflorestais (SAF) para provisão de serviços ecossistêmicos e incremento da biodiversidade na Mata Atlântica.</p> <p>1.2 - Contribuir para o debate sobre alternativas de restauração ecológica na Mata Atlântica.</p>			
2 - Objetivo específico	<p>2.1 - Verificar quais tipos de serviços ecossistêmicos são fornecidos pelos diferentes tipos de SAF encontrados na Mata Atlântica;</p> <p>2.2 - Verificar se existem diferenças entre diferentes tipos de SAF e a capacidade para ofertar serviços ecossistêmicos;</p> <p>2.3 - Comparar a capacidade de provisão de serviços ecossistêmicos pelos SAF e outros tipos de uso do solo (agricultura/pastagem e florestas em bom estado de conservação);</p> <p>2.5 - Construir um banco de dados sobre os estudos de SAF e serviços ecossistêmicos e da biodiversidade;</p>	<p>- Response ratio das observações medidas em campo dos SAFs comparados com outros tipos de uso do solo;</p> <p>- Response ratio comparando os diferentes tipos de SAF e a capacidade para provisão de S.E e incremento da biodiversidade;</p>	<p>- Banco de dados construído com base nas observações coletadas nos estudos selecionados.</p>	<p>- Existem diferenças significativas entre os diferentes modelos de SAF e de uso do solo na capacidade de provisão de serviços ecossistêmicos;</p>
3 - Resultados esperados	<p>3.1 - Identificação das diferenças entre os diferentes modelos de SAF e suas capacidades de ofertar serviços ecossistêmicos. Espera-se que os sistemas agroflorestais biodiversos possibilitem a maior oferta de serviços dentre os sistemas produtivos avaliados;</p> <p>3.2 - Os principais tipos de serviço ecossistêmico que serão ofertados pelos SAF são os serviços de provisão, regulação e suporte. Pouca informação a respeito dos serviços culturais impossibilitarão sua inclusão na análise;</p> <p>3.3 - Os SAF apresentarão maior capacidade de provisão de S.E. do que os outros tipos de uso do solo (agricultura/pastagem). Quando comparado com as florestas em bom estado de conservação, terão menores</p>	<p>- Número de artigos maior que 50, abrangendo todas as regiões brasileiras inseridas na Mata Atlântica;</p> <p>- Número de comparações maior que 1000;</p>	<p>- Plataformas de busca ISI Web of Science, google acadêmico e Scopus.</p>	<p>- Existe n° de estudos suficientes (que se encaixam no critério) para a realização de uma meta-análise consistente.</p>

	<p>índices de biodiversidade e menor capacidade de provisão de S.E.;</p> <p>3.4 - A alternativa do uso dos SAF será viável sob o ponto de vista ecológico e de provisão de serviços, quando comparado com outros tipos de uso do solo (agricultura/pastagem e florestas em bom estado de conservação)</p> <p>3.5 - Banco de dados sistematizado com inúmeros estudos sobre SAF e sua relação com a provisão de serviços ecossistêmicos;</p> <p>3.6 - Contribuir para o debate acerca das alternativas de restauração ecológica da Mata Atlântica.</p>			
4 - Atividades	<p>4.1 - Realizar uma revisão da literatura, com foco no estudo da meta análise, serviços ecossistêmicos e sistemas agroflorestais;</p> <p>4.2 - Realizar busca por artigos, teses, livros etc... nas plataformas Scopus, google acadêmico e ISI web of Science, com base nas palavras-chave definidas;</p> <p>4.3 - Identificar os artigos que se encaixam no critério pré-estabelecido para obtenção das observações medidas em campo;</p> <p>4.4 - Construir banco de dados sobre os artigos selecionados, sistematizando informações para realização da meta-análise;</p> <p>4.5 - Fazer uma meta-análise comparando a capacidade de provisão de S.E. entre os diferentes modelos de SAF e entre os SAF com outros tipos de uso do solo;</p> <p>4.6 - Analisar e interpretar os resultados;</p> <p>4.7 - Defender a dissertação.</p>	Meios	Custos	

ANEXO 2

Nº	Citação	Estado	Tipos de SAF	Variáveis medidas	Referência completa
1	Aleixo et al (2016)	BA	SAF biodiverso (Cabruca), SAF simples (Cacau sombreado Eritrina ou Seringueira)	Fertilidade do solo	Aleixo S. et al. P transformations in cacao agroforests soils in the Atlantic forest region of Bahia, Brazil. <i>Agroforest Systems</i> . 2016.
2	Gomes et al (2016)	MG	SAF biodiverso (café sombreado) e SAF simples (café com ingá ou banana)	Fertilidade do solo, T do ar e do solo, U do ar e solo, Efluxo de CO ₂ .	Gomes L.C. et al. Trees modify the dynamics of soil CO ₂ efflux in coffee agroforestry systems. <i>Agriculture and Forest Meteorology</i> . 2016.
3	Pardini (2004)	BA	SAF biodiverso (Cabruca)	Abundância e riqueza de pequenos mamíferos	Pardini, R. Effects of forest fragmentation on small mammals in an Atlantic Forest landscape. <i>Biodiversity and Conservation</i> . 2004.
4	Faria et al (2006)	BA	SAF biodiverso (Cabruca)	Abundância e riqueza de morcegos e aves	Faria, D. et al. Bat and bird assemblages from forests and shade cacao plantations in two contrasting landscapes in the Atlantic Forest of southern Bahia, Brazil. <i>Biodiversity and Conservation</i> . 2006.
5	Laps (2006)	BA	SAF biodiverso (Cabruca)	Abundância e riqueza de aves	Laps, R. R. Efeito da fragmentação e alteração do habitat na avifauna da região da Reserva Biológica de Una, Bahia. Tese, 2006.
6	Cassano et al (2009)	BA	SAF biodiverso (Cabruca)	Abundância e riqueza de sapos e lagartos de serapilheira	Cassano, C. R. Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. <i>Biodiversity and Conservation</i> . 2009.
7	Accacio, G. M (2004)	BA	SAF biodiverso (Cabruca)	Abundância e riqueza de borboletas frugívoras	Accacio, G. M. Comunidades de borboletas frugívoras em mosaico de ambientes florestais na região de Una, Bahia. Tese de doutorado. 2004.
8	Paciência e Prado (2005)	BA	SAF biodiverso (Cabruca)	Abundância e riqueza de samambaias	Paciência, M. e Prado, J. Distribuição espacial da assembleia de pteridófitas em uma paisagem fragmentada de Mata Atlântica no sul da Bahia, Brasil. 2005.
9	Alves (2005)	BA	SAF biodiverso (Cabruca)	Abundância e riqueza de bromélias	Distribuição geográfica, forófitos e espécies de bromélias epífitas na matas e plantações de cacau

					da região de Uma, Bahia. Tese de Doutorado. 2005
10	Cassano et al (2012)	BA	SAF biodiverso (Cabruca)	Abundância e riqueza de grandes mamíferos	Cassano, C. R. et al. Large Mammals in an Agroforestry Mosaic in the Brazilian Atlantic Forest. <i>Biotropica</i> . 2012.
11	Faria e Baumgarten (2007)	BA	SAF biodiverso (Cabruca)	Abundância e riqueza de morcegos	Faria, D. e Baumgarten, J. Shade cacao plantations (<i>Theobroma cacao</i>) and bat conservation in southern Bahia, Brazil. <i>Biodiversity and Conservation</i> . 2007.
12	Flesher, K. M. (2015)	BA	SAF Simples (Cacau sombreado por seringueira e silvicultura com mandioca)	Abundância de espécies de macaco	The Distribution, Habitat Use, and Conservation Status of Three Atlantic Forest Monkeys (<i>Sapajus xanthosternos</i> , <i>Callicebus melanochir</i> , <i>Callithrix</i> sp.) in an Agroforestry/Forest Mosaic in Southern Bahia, Brazil
13	Frazão et al (2014)	BA	SAF biodiverso (dendê no meio da floresta)	Fertilidade do solo	Frazão, L. A. et al. Soil carbon stocks under oil palm plantations in Bahia State, Brazil. <i>Biomass and Bioenergy</i> . 2014.
14	Gomes et al (2013)	RJ	SAF simples (café sombreado)	Abundância de formigas e profundidade da serapilheira	Gomes, D. S. et al. Resposta da assembleia de formigas na interface solo-serapilheira a um gradiente de alteração ambiental. <i>Série Zoologia</i> . 2013.
15	Novais et al (2016)	BA	SAF biodiverso (Cabruca) e SAF simples (cacau com seringueira)	Riqueza e abundância de besouros predadores	Novais, S. e Macedo-Reis, L. Predatory beetles in cacao agroforestry systems in Brazilian Atlantic forest: a test of the natural enemy hypothesis. <i>Agroforestry systems</i> . 2016.
16	Rombke et al (2009)	PR	SAF biodiverso (bananal biodiverso)	Abundância e biomassa de minhocas	Rombke, J. et al. The earthworm fauna of regenerating forests and anthropogenic habitats in the coastal region of Paraná. <i>Pesq. Agropec. Bras</i> . 2009.
17	Silva et al (2012)	RJ	SAF biodiverso (bananal biodiverso)	Estoque de serapilheira e atividade microbiana	Silva, M. et al. Estoque de Serapilheira e Atividade Microbiana em Solo sob Sistemas Agroflorestais. <i>Floresta e Ambiente</i> . 2012

18	Silva et al (2016)	RJ	SAF biodiverso (SAF regenerativos e análogos)	Fauna e fertilidade do solo	Silva, M. et al. Soil Fauna Communities and Soil Attributes in the Agroforests of Paraty. Floresta e Ambiente. 2016.
19	Souza et al (2012)	MG	SAF biodiverso (cafezal biodiverso)	Diversidade de árvores, produção e fertilidade do solo	Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic Rainforest biome. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2012.
20	Uezu et al (2008)	PR	SAF simples (paisagem agroflorestal)	Diversidade de aves	Uezu, A. et al. Can agroforest woodlots work as stepping stones for birds in the Atlantic forest region? Biodiversity Conservation. 2008.
21	Xavier et al (2011)	MG	SAF simples (café sombreado – consórcios simplificados)	Fertilidade do solo	Xavier, F. A. S. et al. Soil phosphorus distribution in sequentially extracted fractions in tropical coffee agroecosystems in the Atlantic Forest biome, Southeastern Brazil. (2011).
22	Xavier et al (2014)	MG	SAF simples (silvipastoral com Eucalipto e outra árvore leguminosa)	Fertilidade do solo e ciclagem no N (ganho de peso animal e serapilheira)	Xavier, D. F. et al. Nitrogen cycling in a Brachiaria-based silvopastoral system in the Atlantic forest region of Minas Gerais, Brazil. Nutr. Cycl. Agroecosyst. (2014).
23	Costa et al (2012)	PE	SAF biodiverso	Fertilidade do solo e diversidade de fungos	Costa, P. M. O. et al. Diversity of filamentous fungi in different systems of land use. Agroforestry systems. (2012).
24	Bertalot et al (2012)	SP	SAF simples (aléias de milho, aveia preta e leucena)	Produtividade de milho e aveia preta	Bertalot, M. J. A. Desempenho da cultura do milho (<i>zea mays L.</i>) em sucessão com aveia-preta (<i>avena strigosa schreb.</i>) sob manejos agroflorestal e tradicional. Revista Árvore, Viçosa. (2010)
25	Campanha et al (2004)	MG	SAF biodiverso de café	Produtividade do café	Campanha, M. M. et al. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil. Agroforestry systems. (2004).
26	Cardoso et al (2003)	MG	SAF biodiverso de café	Fertilidade do solo	Cardoso, I. M. et al. Phosphorus pools in Oxisols under shaded and unshaded coffee systems on farmers' fields in Brazil. Agroforestry systems. (2003)

27	Cardoso et al (2003_b)	MG	SAF biodiverso de café	Diversidade de plantas e fertilidade do solo	Cardoso, I. M. et al. Distribution of mycorrhizal fungal spores in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil Agroforestry systems. (2003).
28	Cezar et al (2015)	PR/SP	SAF biodiverso (agrofloresta sucessional multi estrata)	Fertilidade, estrutura e biologia do solo	Cezar, R. M. et al. Soil biological properties in multistrata successional agroforestry systems and in natural regeneration. Agroforestry systems. (2015).
29	Coltri et al 2015	MG	SAF simples (café sombreado por macadâmia)	Índice de área da folha, biomassa e C.	Coltri, P. P. et al. Empirical models to predict LAI and aboveground biomass of Coffea arabica under full sun and shaded plantation: a case study of South of Minas Gerais, Brazil. Agroforestry systems. (2015).
30	Da Rocha et al (2016)	BA	SAF biodiverso (cabruca e cacau plantado na sombra) e simples (cacau e eritrina)	Abundância e riqueza de bromélias e formigas.	Da Rocha, W. D. et al. Epiphytic bromeliads as key components for maintenance of ant diversity and ant-bromeliad interactions in agroforestry system canopies. Forest Ecology and Management. (2016).
31	Fávero et al (2008)	MG	SAF biodiverso (agrofloresta sucessional).	Fertilidade do solo	Fávero, C. et al. Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no vale do Rio Doce, Minas Gerais. Revista Árvore, Viçosa. (2008).
32	Fontana et al (2011)	SP	SAF biodiverso com banana	Matéria orgânica no solo	Fontana, A. et al. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica. Acta Scientiarum. Agronomy. (2011).
33	Francesconi et al (2013)	SP	SAF biodiverso (quintal biodiverso) e simples (café sombreado)	Riqueza e abundância de borboletas	Francesconi, W. et al. Butterfly distribution in fragmented landscapes containing agroforestry practices in Southeastern Brazil. Agroforestry systems. (2013).
34	Freitas et al (2013)	MG	SAF simples (ILPF -milho eucalipto e acácia)	Produção e nutrientes da serapilheira	Freitas, E. C. S. et al. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. Revista árvore, Viçosa. (2013).
35	Guimarães et al (2014)	ES	SAF simples (café sombrado por cedro e leguminosas - ingá, leucena)	Fertilidade e estrutura do solo	Guimarães, G. P. et al. Soil aggregation and organic carbon of oxisols under coffee in

					agroforestry systems. R. Brasileira de ciência do solo. (2014).
36	Loss et al (2009)	RJ	SAF biodiverso (agrofloresta sucessional)	Carbono do solo	Loss, A. et al. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. Ciência Rural. (2009)
37	Loss et al (2009_b)	RJ	SAF biodiverso (agrofloresta sucessional)	Estrutura e fertilidade do solo	Loss, A. et al. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. Pesq. Agropec. Bras. (2009).
38	Moço et al (2009)	BA	SAF biodiverso (Cabruca) e SAF simples (cacau sombreado por eritrina)	Fauna do solo e da serapilheira	Moço, M. K. S. Soil and litter fauna of cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. Agroforestry systems. (2009).
39	Moço et al (2010)	BA	SAF biodiverso (Cabruca) e SAF simples (cacau sombreado por eritrina)	Fertilidade do solo e nutrientes da serapilheira	Moço, M. K. S. et al. Relationships between invertebrate communities, litter quality and soil attributes under different cacao agroforestry systems in the south of Bahia, Brazil. Applied Soil Ecology. (2010).
40	Muller et al (2015)	MG	SAF simples (ILPF pinhão manso, milho e pastagem – IPF com pinhão manso)	Produtividade do pinhão manso	Muller, M. D. et al. Produção de plantas de pinhão manso em diferentes espaçamentos e tipos de consórcio. Ciência Rural. (2015).
41	Oliveira et al (2016)	BA	SAF simples (laranja com milho e pastagem)	Carbono orgânico do solo	Oliverira, F. E. R. et al. Changes in soil organic carbon fractions in response to cover crops in an orange orchard. R. Brasileira de Ciência do Solo. (2016).
42	Paciullo et al (2011)	MG	SAF simples (IPF – eucalipto, e três leguminosas)	Ganho de peso e biomassa de forragem	Paciullo, D. S. C. et al. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. Livestock science. (2011).
43	Paciullo et al (2014)	MG	SAF simples (IPF com leguminosas)	Biomassa, matéria seca e produtividade de leite	Paciullo, D. S. C. et al. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass legume pastures shaded by tropical trees. Animal. (2014).
44	Pereira et al (2015)	SP	SAF simples (ILPF)	Abundância de larvas de lepidóptera e	Pereira, A. G. et al. Study on the Hymenoptera parasitoid associated with Lepidoptera larvae in reforestation and agrosilvopastoral systems at

				parasitas, riqueza de Hymenoptera	Fazenda Canchim (Embrapa Pecuária Sudeste) São Carlos, SP, Brazil. Braz. J. Biol. (2015).
45	Pinheiro et al (2013)	BA	SAF biodiverso (cabruca)	Abertura de dossel	Pinheiro, M. P. et al. Variação anual na abertura do dossel, temperatura e umidade do ar no sub-bosque de três ambientes florestais no sul da Bahia, Brasil. Ciência Florestal. (2013).
46	Queiroz et al (2007)	RJ	SAF simples (aléias de milho e mais uma sp. de árvore leguminosa)	Conteúdo de N na folha do milho e produtividade	Queiroz, L. R. et al. Cultivo de milho no sistema de aléias com leguminosas perenes. Ciênc. agrotec. (2007).
47	Righi et al (2013)	SP	SAF simples (café com seringueira)	Área foliar, nº de folhas e folas furadas	Righi, C. A. Influence of rubber trees on leaf-miner damage to coffee plants in an agroforestry system. Agroforestry systems. (2013).
48	Rita et al (2011)	BA	SAF biodiverso (cabruca) e simples (cacau com eritrina)	Fertilidade do solo e diversidade de árvores	Rita, J. C. O. et al. C and N content in density fractions of whole soil and soil size fraction under cacao agroforestry systems and natural forest in Bahia, Brazil. Environmental Management. (2011).
49	Gama-Rodrigues et al (2010)	BA	SAF biodiverso (cabruca) e simples (cacau com eritrina)	Carbono do solo	Gama-Rodrigues, E. F. et al. Carbon storage in soil size fractions under two cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. Environmental Management (2010).
50	Sales et al (2013)	ES	SAF simples (café sombreado por cedro australiano, jequitibá e teca)	Produtividade do café	Sales, E. F. et al. Agroecological transition of conilon coffee (coffea canephora) agroforestry systems in the state of Espírito Santo, Brazil. Agroecology and sustainable food systems. (2013).
51	Schroth et al (2015)	BA	SAF biodiverso (Cabruca)	Densidade, diversidade e estrutura da vegetação, C nas árvores e estoque de C na parcela	Schroth, G. et al. Contribution of agroforests to landscape carbon storage. Mitig Adapt Strateg Glob Change. (2015).
52	Silveira et al (2007)	RJ	SAF biodiverso (Safra – sistemas agroflorestais regenerativos e análogos)	Produção de serapilheira e aporte de nutrientes	Silveira, N. D. et al. Aporte de nutrientes e biomassa via serrapilheira em sistemas

					agroflorestais em Paraty (RJ). <i>Ciência Florestal</i> (2007).
53	Souza et al (2010)	MG	SAF biodiverso (cafezal biodiverso)	Produtividade do café e densidade de árvores	Souza, H. N. et al. Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome. <i>Agroforestry systems</i> . (2010).
54	Souza et al (2012)	MG	SAF biodiverso (cafezal biodiverso)	Produtividade do café e densidade de árvores	Souza, H. N. et al. Strategies and economics of farming systems with coffee in the Atlantic Rainforest Biome. <i>Agroforestry systems</i> . (2012).
55	Souza et al (2015)	BA	SAF biodiverso (paisagem agroflorestal de cacão sombreado)	Nº de árvores, nº de forófitos, DAP de árvores e forófitos e diversidade de sp. de <i>Aechmea</i> e <i>Hohenbergia</i>	Souza, V. F. et al. Richness and abundance of <i>Aechmea</i> and <i>Hohenbergia</i> (Bromeliaceae) in forest fragments and shade cocoa plantations in two contrasting landscapes in southern Bahia, Brazil. <i>Tropical Conservation Science</i> . (2015).
56	Zaia et al (2008)	BA	SAF biodiverso (cabruca) e simples (cacão com eritrina)	Fertilidade do solo e biomassa microbiana	Zaia, F. C. et al. Fósforo orgânico em solos sob agrossistemas de cacão. <i>R. Brasileira de Ciência do Solo</i> . (2008).
57	Zaia et al (2012)	BA	SAF biodiverso (cabruca) e simples (cacão com eritrina)	Fertilidade do solo, biomassa microbiana, estrutura do solo	Zaia, F. C. et al. Carbon, nitrogen, organic phosphorus, microbial biomass and N mineralization in soils under cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. <i>Agroforestry systems</i> . (2012).
58	Monroe et al (2016)	BA	SAF biodiverso (cabruca) e simples (cacão com eritrina)	Estoque de C orgânico no solo	Monroe, P. H. M. et al. Soil carbon stocks and origin under different cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. <i>Agriculture, Ecosystems and Environment</i> . (2016).
59	Favreto et al (2010)	RS	SAF simples (banana e juçara)	DAP, altura, quantidade de folhas, mortalidade, herbivoria, abertura de dossel, fertilidade do solo	Favreto, R. et al. Growth of <i>Euterpe edulis</i> Mart. (Arecaceae) under forest and agroforestry in southern Brazil. <i>Agroforestry systems</i> . (2010).
60	Ramos et al (2015)	MG	SAF biodiverso (cafezal biodiverso)	Diversidade e densidade de herbáceas	Ramos, R. C. et al. Environmental filtering of agroforestry systems reduces the risk of

					biological invasion. Agroforestry systems. (2015).
61	Brown et al (2009)	SP/PR	SAF biodiverso e simples de banana	Fertilidade do solo, aporte de nutrientes via serapilheira, diversidade, densidade e biomassa da fauna do solo	Brown, G. G. et al. Macrofauna do solo em sistemas agroflorestais e mata atlântica em regeneração nos municípios de Barra Do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR. Documento técnico, Embrapa. (2009).
62	Carvalho et al (2003)	MG	SAF simples (IPF acacia e pastagem)	Proteína crua, matéria seca e fertilidade do solo	Carvalho, M. M. et al. Arborização melhora a fertilidade do solo em pastagens cultivadas. Comunicado técnico, Embrapa. (2003)
63	Franco et al (2002)	MG	SAF biodiverso (cafezal biodiverso)	Lixiviação de nutrientes do solo	Franco, F. S. et al. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na zona da mata de Minas Gerais. R. Árvore, Viçosa. (2002).
64	Froufe et al (2011)	SP	SAF biodiverso (multi estrata)	Fertilidade e estrutura do solo, estrutura e diversidade da vegetação, estoque de C	Froufe, L. C. M. et al. Potencial de sistemas agroflorestais multiestrata para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de Floresta Atlântica. Pesquisa Florestal Brasileira.(2011).
65	Muller et al (2004)	MG	SAF simples (café sombreado com cedro australiano)	Fertilidade do solo	Muller, J. S. et al. Sistemas agroflorestais com café (<i>Coffea arabica</i> L.) e Cedro Australiano (<i>Toona ciliata</i>) na Zona da Mata de Minas Gerais: estudo de caso. Agrossilvicultura. (2004).
66	Navas et al (2016)	SP	SAF biodiverso	Altura, DAP, serapilheira, abertura de dossel, umidade e temperatura	Navas, R. e Silva , R. J. Ecological restoration indicators in agroforestry systems in the Atlantic. Ciência e Natura. (2016).
67	Neto et al (2015)	PE	SAF biodiverso e simples	Macrofauna	Neto, M. et al. Avaliação da macrofauna em sistemas de produção agroecológicos, convencionais e mata nativa existentes em assentamentos de reforma agrária do Município De Rio Formoso - PE. Cadernos de agroecologia. (2015).

68	Gama-Rodrigues et al (2008)	BA	SAF biodiverso	Aporte de nutrientes pela serapilheira, fertilidade do solo.	Gama-Rodrigues, A. C. et al. Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudeste da Bahia. R. Brasileira de Ciência do Solo. (2008)
69	Froufe et al (2011)	SP	SAF biosiverso (multiestrata)	Densidade, área basal, DAP, Volume, Altura, Riqueza e diversidade da vegetação	Froufe, L. C. M. e Seoane, C. E. S. Levantamento fitossociológico comparativo entre sistemas multiestrato e capoeiras como ferramenta para a execução da reserva legal. Pesquisa Florestal Brasileira. (2011).
70	Silva et al (2011)	BA	SAF biodiverso	Fertilidade e estrutura do solo	Silva, D. C. et al. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. R.de estudos ambientais. (2011).
71	Tavares et al (2015)	RJ	SAF biodiverso	Fertilidade do solo	Tavares, P. D. et al. Sistemas agroflorestais e agricultura tradicional promovendo a qualidade do solo na Mata Atlântica. Cadernos de agroecologia. (2015).
72	Thomazini et al (2012)	ES	SAF biodiverso e simples de café	Fertilidade do solo e perda de solo e nutrientes	Thomazi, A. et al. Sistemas agroflorestais e agricultura tradicional promovendo a qualidade do solo na Mata Atlântica. R. Brasileira de Agroecologia. (2012).