

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

**FORMAÇÃO DE SISTEMA AGROFLORESTAL PARA
RESTAURAÇÃO DE MATA CILIAR E INDICADORES DO SOLO NA
REGIÃO DO MÉDIO PARAÍBA DO SUL, RJ**

Kenedy Donizete Ribeiro da Mota

2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

**FORMAÇÃO DE SISTEMA AGROFLORESTAL PARA
RESTAURAÇÃO DE MATA CILIAR E INDICADORES DO SOLO NA
REGIÃO DO MÉDIO PARAÍBA DO SUL, RJ**

KENEDY DONIZETE RIBEIRO DA MOTA

Sob a Orientação da Pesquisadora

Eliane Maria Ribeiro da Silva

e Coorientação da Professora

Cristiana do Couto Miranda

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2019

R917f Mota, Kenedy Donizete Ribeiro da , 1990-
Formação de sistema agroflorestal para restauração
de mata ciliar e indicadores do solo na região do Médio
Paraíba do Sul, RJ / Kenedy Donizete Ribeiro da Mota. -
2019.

75 f.

Orientadora: Eliane Maria Ribeiro da Silva.

Coorientadora: Cristiana do Couto Miranda.

Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais e Florestais, 2019.

1. Reflorestamento. 2. Área de preservação permanente. 3.
Agroecologia. 4. Restauração ecológica.
5. Mata Atlântica. I. Silva, Eliane Maria Ribeiro da, orient. II.
Miranda, Cristiana do Couto, coorient. III Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais e Florestais. IV. Título.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. “This study was financed in part the da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – (CAPES) – Finance Code 001.”

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

KENEDY DONIZETE RIBEIRO DA MOTA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 22/02/2019

Eliane Maria Ribeiro da Silva

Eliane Maria Ribeiro da Silva Ph.D. Embrapa Agrobiologia
(Orientadora)

Juliana Müller Freire

Juliana Müller Freire Dra. Embrapa Agrobiologia

Cristiane Figueira da Silva

Cristiane Figueira da Silva Dra. UFRRJ

DEDICATÓRIA

*À Deus, fortaleza de todos os momentos.
Aos meus pais Maria do Carmo e Donizete*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Deus, por ser meu guia e fortaleza em todos os instantes.

Aos meus pais Maria do Carmo e Donizete, por toda força, carinho e compreensão. Amo vocês!

Aos amigos Marília Gabriela, Andreza Christina, Irineu Pedro, Doniésia Bel, Patrícia Santu, Thiago Kamossel, Cleriston Andrade, Heron Casati, Paloma Anorita, Francisco Andrade, Ingrid Oliveira e Regiane Vilanova que sempre estiveram presentes.

Aos amigos do grupo de trilhas “ Trilheiros do Rio - TdR” pela amizade, companheirismo e pelas muitas aventuras compartilhadas.

À Eliane Silva por aceitar a orientação.

À Cristiana Miranda pela coorientação e por abrir as portas do IFRJ Pinheiral.

Ao “pequeno grande” Almir Ferreira pelos ensinamentos, exemplo e pela fundamental e essencial ajuda nos trabalhos em campo. Muito obrigado!

Aos alunos Jorge, João Victor, Letícia, João Paulo e Daniel pela colaboração nas atividades de campo.

À Cristiane Roppa, Maurílio Vieira, Marcus Vinícius, Marlon Sarubi, Carlos Eduardo e Almir Ferreira e a todos que contribuíram no decorrer do experimento.

Ao professor André Fernão e aos alunos Jorge, Yasmin, Isabela, Bárbara, Thiago e Felipe pela colaboração com a coleta e triagem da fauna epígea.

À professora Sandra Lima pela colaboração e suporte na avaliação da fauna epígea.

Ao Itamar Garcia do laboratório de Micorrizas por todo o ensinamento e pelo auxílio na identificação dos fungos micorrízicos arbusculares.

À Cristiane Figueira da Silva pela ajuda na extração da glomalina e nas análises estatísticas.

Ao professores Paulo Sérgio dos Santos Leles, José Carlos Arthur Júnior e Alexander Resende pela considerações iniciais no projeto.

Aos professores do PPGCAF que se empenharam em repassar conhecimentos.

Aos colegas do alojamento masculino da Pós-Graduação pelos momentos compartilhados.

Aos membros da banca Juliana Muller Freire e Cristiane Figueira da Silva, pelas valorosas contribuições.

Agradeço ao PPGCAF/UFRRJ pela oportunidade de aprimoramento dos estudos, assim como a CAPES pela bolsa de mestrado.

Ao Instituto Federal do Rio de Janeiro – IFRJ Campus Pinheiral, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e Embrapa Agrobiologia, por todo o suporte para realização deste trabalho.

RESUMO

MOTA, Kenedy D. R. da. **Formação de sistema agroflorestal para restauração de mata ciliar e indicadores do solo na região do Médio Paraíba do Sul, RJ.** 2019. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

O uso de sistemas agroflorestais para restauração de matas ciliares pode ser uma importante alternativa para promover além da adequação ambiental, a integração entre conservação e produção em pequenas propriedades rurais, sobretudo na região do Médio Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro, cujo passado remonta a degradação de paisagens naturais. O objetivo desse estudo foi verificar o potencial de uso de sistemas agroflorestais como técnica alternativa de restauração de matas ciliares em comparação com a técnica convencional do plantio de espécies florestais após três anos de implantação. Não houve influência negativa do sistema agroflorestal para sobrevivência e crescimento da maioria das espécies florestais, para altura, diâmetro ao nível do solo e grau de cobertura de copas. A implantação de *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco) propiciou diminuição na cobertura e biomassa das plantas espontâneas, assim como maior diversidade de espécies de herbáceas de mais fácil controle frente as espécies de gramíneas de maior porte e mais agressivas. O sistema agroflorestal representou os maiores custos quando comparado ao sistema convencional, e as receitas geradas possibilitaram uma amortização de aproximadamente 10% nos custos totais da restauração. Para os indicadores biológicos, fungos micorrízicos arbusculares e proteína do solo relacionado à glomalina, não houve diferença entre as áreas de plantio e as áreas de referência. Já para fauna epígea, foram detectadas diferenças somente na estação chuvosa para a área de floresta.

Palavras-chave: Reflorestamento, restauração ecológica, área de preservação permanente, agroecologia, Mata Atlântica.

ABSTRACT

MOTA, Kenedy D. R. da. **Formation of an agroforestry system for restoration of riparian vegetation and soil indicators in Médio Paraíba do Sul region, RJ.** 2019. 75p. Dissertation (Master of Environmental Science and Forestry) Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

The use of agroforestry systems to restore riparian forests can be an important alternative to promote, beyond the environmental adequacy, the integration between conservation and production at small farms. Especially in the Médio Paraíba do Sul region, Rio de Janeiro State, whose history was the degradation of extensive natural landscapes. The objective of this study was to verify the potential use of agroforestry systems as an alternative technique for restoration of riparian forests in comparison to the conventional technique of planting forest species after three years of implantation. There was no negative influence of the agroforestry system on the survival and growth of most species, on height, diameter at ground level and degree of canopy cover. The use of *Canavalia ensiformis* led to a decrease in the coverage and biomass of spontaneous plants, as well as greater diversity of herbaceous species that are easier to control when compared with bigger and more aggressive grass species. The agroforestry system presented higher costs than the conventional system, and the revenues generated allowed an amortization of 10% on the restoration total cost. For the soil biological indicators, arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein, there was no difference between the planting areas and the reference areas. As for epigeal fauna, differences were detected only in the rainy season for the forest area.

Keywords: Reforestation, ecological restoration, permanent preservation area, agro-ecology, Atlantic forest.

LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

APP	rea de Preservação Permanente
CAR	Cadastro Ambiental Rural
EEcoE	Espaço Ecológico Educativo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FMA	Fungos Micorrízicos Arbusculares
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICRAF	International Centre of Research in Agroforestry
IFRJ	Instituto Federal do Rio de Janeiro
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LPVN	Lei de Proteção da Vegetação Nativa – Lei n12651/2012
PANC	Planta Alimentícia Não Convencional
PSRG	Proteína do Solo Relacionada  Glomalina
PSRG-T	Proteína do Solo Relacionada  Glomalina Total
PSRG-FE	Proteína do Solo Relacionada  Glomalina Facilmente Extraível
RBR	Herbário do Departamento de Botnica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
SAF's	Sistemas Agroflorestais

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudo no município de Pinheiral, RJ.....	24
Figura 2. Área do experimento no EEcoE (Espaço Ecológico Educativo) (A) Visão aérea em maio de 2016; (B) Plantio em junho de 2017 e (C) Limite do EEcoE com destaque para a área do experimento. Fotos: Cristiana Couto Miranda	25
Figura 3. Esquema representativo mostrando a disposição das espécies florestais e agrícolas implantadas em Pinheiral, RJ (parcela do tratamento SAF). Onde: 1= Pau formiga; 2= Pau cigarra; 3= Pau viola; 4=Ingá; 5= Orelha-de-negro; 6= Grandiúva; 7=Camboatá; 8=Açoitacavalo 9=Eritrina-candelabro; 10=Ingá-do-brejo; a=Palmito-juçara b=Jerivá c=Jabuticaba d=Guamirim e e=Jenipapo. Fonte: Adaptado de Miranda <i>et al.</i> (2016).....	29
Figura 4. Disposição das parcelas em campo, sorteio ao acaso. Onde: SAF= Plantio em sistema agroflorestal e REST= Plantio convencional apenas espécies florestais.....	29
Figura 5. Inoculação das sementes de feijão de porco: (A) Inoculante utilizado e (B) sementes de feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>) inoculadas prontas para a semeadura.	30
Figura 6. Avaliações de comprimento de copa (A) e altura (B) realizadas ao longo do período de monitoramento do experimento de restauração de mata ciliar, em Pinheiral, RJ.....	31
Figura 7. Esquema ilustrativo da distribuição das subparcelas para coleta de biomassa vegetal, em área de restauração florestal no município de Pinheiral, RJ.	32
Figura 8. Gabarito utilizado para análise de cobertura das plantas espontâneas, feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>) ou solo exposto, em área para restauração de mata ciliar em Pinheiral, RJ.	33
Figura 9. Pitfall para coleta da fauna epígea. a) Esquema demonstrativo da armadilha (Fonte: Martins, 2009) b) armadilha em uso no campo.	35
Figura 10. Precipitação pluviométrica (mm) durante os meses: Janeiro-Dezembro (2018) Obtida da estação INMET Resende-RJ.	35
Figura 11. Taxa de sobrevivência média (%) do conjunto de quinze espécies florestais para restauração florestal em área de mata ciliar, município de Pinheiral, RJ. Dados de 6 meses adaptado de Miranda <i>et al.</i> (2016). Médias seguidas pela mesma letra, na mesma idade, não diferem pelo teste de Tukey (5%).....	38
Figura 12. Valores médios para altura aos 6, 12, 24 e 36 meses após o plantio, para o conjunto de quinze espécies florestais, para restauração florestal em área de mata ciliar município de Pinheiral, RJ. Dados de 6 meses adaptado de Miranda <i>et al.</i> (2016). SAF= sistema agroflorestal REST= plantio convencional de espécies florestais. Para cada idade, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).....	39
Figura 13. Valores médios para diâmetro ao nível do solo (DNS) aos 6, 12, 24 e 36 meses após o plantio, para o conjunto de quinze espécies florestais, em área restauração florestal em área de mata ciliar, município de Pinheiral, RJ. Dados de 6 meses adaptado de Miranda <i>et al.</i> (2016). SAF= sistema agroflorestal REST= plantio convencional de espécies florestais. Para cada idade, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).....	40
Figura 14. Peso da matéria seca de plantas espontâneas e feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>) em áreas de restauração de mata ciliar em Pinheiral, RJ. SAF= sistema agroflorestal REST= plantio convencional de espécies florestais.....	47

Figura 15. Composição relativa dos grupos da fauna do solo epígea (%) na estação chuvosa. FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.	52
Figura 16. Composição relativa dos grupos da fauna epígea (%) na estação seca. FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies de florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.....	53
Figura 17. Dendrograma apresentando a distância de ligação referente aos organismos de cada área em relação ao grau de similaridade (Jaccard) na estação chuvosa (A) e na estação seca (B). FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.	54
Figura 18. Representação gráfica da análise de correspondência entre áreas de estudo e os principais grupos de organismos da fauna epígea na estação chuvosa (A) e na estação seca (B). Legenda: Acari (Ac), Araneae (Ar), Blattodea (Bl), Coleoptera (Col), Diplopoda (Dipl), Diptera (Dipt), Entomobryomorpha (En), Formicidae (Fo), Isopoda (Ispd), Isoptera (Ispt), Poduromorpha (Pod), Or (Orthoptera) Symphypleona (Syna). FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.....	55
Figura 19. Abundância total de esporos de fungos micorrízicos arbusculares. FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.	56
Figura 20. Riqueza média das espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.	57
Figura 21. Número de espécie de fungos micorrízicos arbusculares por gênero. FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.	58

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1. Espécies florestais selecionadas para plantio em área de mata ciliar, no município de Pinheiral, RJ.....	27
Tabela 2. Análise química das áreas amostradas realizadas 30 meses após a implantação do reflorestamento. FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais.	34
Tabela 3. Cobertura do solo pela copa em %, segundo o método do grau de cobertura do conjunto das quinze espécies florestais, em diferentes avaliações após o plantio em área de mata ciliar, município de Pinheiral, RJ.	41
Tabela 4. Valores médios para sobrevivência, altura (H), área da copa (AC) e diâmetro a nível do solo (DNS) aos 36 meses, para cada espécie florestal implantada para restauração florestal em área de mata ciliar, município de Pinheiral - RJ. SAF= sistema agroflorestal REST= plantio convencional de espécies florestais.....	42
Tabela 5. Distribuição das plantas espontâneas por família, espécie, origem, potencial de infestação e número de indivíduos (N) coletadas em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ. SAF= sistema agroflorestal; REST= plantio convencional de espécies florestais.	45
Tabela 6. Cobertura de plantas espontâneas (%), riqueza (número de espécies) e índices diversidade e equitabilidade em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.	46
Tabela 7. Custos de implantação e manutenção das espécies florestais por hectare até 36 meses, em plantio para restauração florestal (REST) em área de mata ciliar no município de Pinheiral, RJ.	48
Tabela 8. Custos de implantação e manutenção das espécies florestais e agrícolas por hectare, até os 36 meses em sistema agroflorestal para restauração florestal (SAF), área de mata ciliar no município de Pinheiral, RJ.....	49
Tabela 9. Abundância da fauna epígea (Ind.arm.dia ⁻¹), riqueza e índices de Shannon e Pielou. Estação chuvosa. FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.....	51
Tabela 10. Abundância da fauna epígea (Ind.arm.dia ⁻¹), riqueza e índices de Shannon e Pielou. Estação seca. FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional espécies florestais.....	52
Tabela 11. Frequência relativa de ocorrência de espécies de FMAs encontradas em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.....	59
Tabela 12. Proteína do solo relacionada à glomalina - total (PSRG -T) e facilmente extraível (PSRG-FE) (mg g ⁻¹ solo) em amostras de solo, área de mata ciliar município de Pinheiral, RJ.	60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. Histórico de degradação da Mata Atlântica no Médio Paraíba do Sul	17
2.2. Restauração de mata ciliares	18
2.3. Sistemas agroflorestais na restauração de áreas degradadas	19
2.4. Espécies agrícolas em sistemas agroflorestais	20
2.5. O uso de espécies de adubação verde – feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>) ..	21
2.6. Indicadores biológicos do solo	22
2.6.1 Fauna do solo	22
2.6.2 Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG)	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Localização e caracterização da área de estudo	24
3.1.1 Clima	24
3.1.2 Geomorfologia	24
3.1.3 Relevo	25
3.1.4 Vegetação	25
3.2 Unidade amostral	25
3.3 Descrição do experimento	26
3.3.1 Planejamento e seleção das espécies florestais e espécies agrícolas	26
3.3.2 Implantação das espécies florestais	28
3.3.3 Implantação das espécies agrícolas	30
3.3.4 Implantação do feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>)	30
3.4 Avaliações	31
3.4.1 Desenvolvimento das espécies florestais	31
3.4.2 Efeito do feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>) no controle de plantas espontâneas	32
3.4.3 Caracterização dos custos e receitas	33
3.5 Análises dos indicadores biológicos do solo	34
3.5.1 Fauna epígea	34
3.5.2 Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG)	36
3.6 Análise dos dados	37

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1	Desenvolvimento das espécies florestais.....	38
4.1.1	Sobrevivência e crescimento do conjunto das espécies florestais	38
4.1.2	Sobrevivência e crescimento por espécie florestal implantada	41
4.2	Efeito do feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>) no controle de plantas espontâneas	44
4.3	Caracterização dos custos e receitas	48
4.4	Indicadores biológicos do solo	51
4.4.1	Fauna epígea	51
4.4.1.1	Abundância, riqueza e composição das espécies da fauna epígea.....	51
4.4.1.2	Análises multivariadas	53
4.4.2	Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs).....	56
4.4.2.1	Abundância de esporos e riqueza de espécies de FMAs	56
4.4.2.2	Composição das espécies de FMAs.....	57
4.4.3	Proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG)	59
5	CONCLUSÕES	61
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	APÊNDICE I.....	74

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o desmatamento e as atividades agropecuárias e minerárias praticadas de forma predatória vêm causando grandes impactos nas paisagens (FAO, 2015), resultando numa série de problemas ambientais, como mudanças climáticas locais (LONGOBARDI *et al.*, 2016), degradação do solo (HUNKE *et al.*, 2015; OLDEMAN, 2017), extinção de espécies de fauna e de flora (RIBEIRO e FREITAS, 2014) e a redução da quantidade e da qualidade de água disponível (ELLISON *et al.*, 2017, PEREIRA *et al.*, 2014). Essas mudanças ambientais sem precedentes, requerem ações emergenciais para proteger e restaurar os ecossistemas florestais, principalmente àqueles mais frágeis, como as matas ciliares (ARONSON e ALEXANDER, 2013).

As matas ciliares são formações vegetais às margens dos corpos d'água e exercem relevante função na manutenção da qualidade da água, na regularização dos ciclos hidrológicos e na conservação da biodiversidade (TUNDISI e TUNDISI, 2010). Em função de sua importância a Lei de Proteção da Vegetação Nativa – LPVN - (Lei ° 12651/2012), inclui as matas ciliares na categoria de Áreas de Preservação Permanente (APP) (BRASIL, 2012).

Em diversas regiões do país essas formações vegetais não foram poupadas da degradação por ação antrópica, devido às condições propícias de topografia e recursos hídricos para uso e ocupação do solo nesses locais. Na região do Médio Paraíba do Sul, devido a um passado de intenso processo de desflorestação para conversão das áreas em plantios de café e pastagens, a vegetação ciliar na maioria das propriedades rurais é escassa ou inexistente.

No entanto, a atual legislação florestal (LPVN) prevê a adequação ambiental dessas propriedades, ou seja, a obrigatoriedade que sejam mantidas as APP's e áreas de Reserva Legal (BRASIL, 2012). Porém em muitos casos a localização dessas áreas coincide com a área produtiva da propriedade rural, como as áreas ciliares, o que requer a proposição de estratégias alternativas de restauração.

A restauração de áreas desflorestadas com o plantio de árvores nativas em especial em APP's, vem sendo alvo de muitos trabalhos e pesquisas, principalmente devido à conscientização da sociedade quanto à necessidade de reversão do estado de degradação do meio ambiente e a exigência legal (RODRIGUES *et al.*, 2009a; HUNKE *et al.*, 2015; FRAGOSO *et al.*, 2016; OLIVEIRA, 2016; METZGER *et al.*, 2017).

Entretanto, o alto custo de implantação de projetos para a restauração florestal é um obstáculo à sua realização, causando o desinteresse dos proprietários de terras em reflorestar suas áreas (MORAES *et al.*, 2010). Estratégias que diminuam este custo devem ser testadas e desenvolvidas, contribuindo para uma ampla difusão e implantação desses projetos (AMADOR e VIANA, 1998).

Neste contexto, os sistemas agroflorestais (SAF's) se configuram como uma alternativa factível e viável do ponto de vista econômico para as pequenas propriedades rurais familiares, pois integram a produção no uso da terra com a conservação dos recursos naturais.

Os SAF's por serem biodiversos, utilizando-se temporariamente o espaço entre as mudas de espécies florestais com culturas agrícolas anuais, e agregando diferentes espécies no mesmo ambiente, melhoram as propriedades físico-químicas e biológicas de solos degradados (FREITAS *et al.*, 2018; MELLONI, 2018). Desse modo, influenciam positivamente a atividade dos organismos do solo, como a fauna edáfica e fungos micorrízicos, devido à grande variedade de fontes de matéria orgânica (YOUNG, 1989; CRUZ *et al.*, 2007; LOSS *et al.*, 2009; PEZARICO *et al.*, 2013).

Para Isernhagem *et al.* (2014) a incorporação da matéria orgânica nos plantios de restauração florestal pode ser potencializada com uso de adubação verde através de leguminosas herbáceas, como feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). Além disso, essas leguminosas, quando implantadas nas entrelinhas das espécies florestais, podem ser utilizadas para reduzir a infestação pela vegetação espontânea invasora, diminuindo os custos da restauração (YOUNG, 1989; RODRIGUES e GANDOLFI, 2000; RESENDE e LELES, 2017).

Grande parte das pesquisas ou trabalhos práticos com SAF's são para sistemas de produção agrícola sustentável, onde o objetivo é o rendimento contínuo das culturas anuais e o manejo das espécies florestais. No caso deste estudo, o sistema agroflorestal é utilizado como uma técnica para restauração de mata ciliar de forma a viabilizar economicamente os projetos, e torná-los mais viáveis a realidade do produtor rural. Desse modo, torna-se praticável conciliar a produção agrícola nos primeiros anos de implantação, e posteriormente, a médio e longo prazo, obter retorno econômico através de outros usos florestais não madeireiros.

Entender o funcionamento desses sistemas, como o desenvolvimento e o arranjos das espécies florestais e agrícolas assim como os possíveis impactos e/ou benefícios na biota do solo é imprescindível para o planejamento e eficácia dos projetos de restauração florestal.

Nesse contexto, o presente estudo objetivou avaliar o potencial de uso de um sistemas agroflorestal como técnica alternativa de restauração de matas ciliares em comparação com a técnica convencional do plantio de espécies florestais. Os objetivos específicos foram: a) avaliar o desenvolvimento das espécies florestais; b) avaliar a eficácia do uso de adubo verde (*Canavalia ensiformis*) no controle de plantas espontâneas; c) quantificar os custos de implantação e manutenção das diferentes técnicas; d) analisar indicadores biológicos da qualidade do solo através da fauna epígea, fungos micorrízicos arbusculares e proteína do solo relacionada à glomalina para o monitoramento do estágio de restauração das áreas manejadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Histórico de degradação da Mata Atlântica no Médio Paraíba do Sul

Considerada um dos hotspots mundiais de biodiversidade (MYERS *et al.*, 2000; MITTERMEIER *et al.*, 2005), a Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros que mais sofreu com as atividades antrópicas. Desde as primeiras etapas da colonização do Brasil, este bioma tem passado por períodos exploratórios que resultaram na devastação de extensas áreas florestais (RODRIGUES *et al.*, 2009b). O desmatamento reduziu a área da Mata Atlântica para cerca de 12,5% de sua extensão original, sendo 8,5% representada por fragmentos florestais de pelo menos 100 hectares (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INPE 2017; WWF, 2017).

No estado do Rio de Janeiro a Mata Atlântica cobria originalmente em torno de 98% de seu território, considerando-se suas diferentes formações florestais principalmente Ombrófila Densa e Estacional Semidecidual e ecossistemas associados, como manguezais, restingas e campos de altitudes (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INPE 2017). O processo histórico de desmatamento e uso desordenado da terra resultou em um cenário de intensa fragmentação florestal. Atualmente, a cobertura original do estado restringe-se a 30,7% de remanescentes florestais (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INPE, 2017). Essa redução da cobertura florestal é ainda maior nos municípios situados no vale do Rio Paraíba do Sul (SEA-RJ, 2015).

Na região do Médio Paraíba a formação florestal da Mata Atlântica representada pela Floresta Estacional Semidecidual, foi devastada para ceder lugar às práticas econômicas. O histórico de utilização das terras teve como primeira forma de uso a agricultura extrativista, sendo posteriormente substituída no período colonial pela cultura do café, em um período em que a bacia do Rio Paraíba do Sul era responsável pela quase totalidade da produção cafeeira do país (DRUMMOND, 1997) Segundo Menezes (2008), o ciclo do café nessa região e suas intensas transformações da paisagem se deram provavelmente por um período de 50 a 70 anos, ocupando mais de 1,0 milhão de hectares de terras vulneráveis à erosão (DEVIDE *et al.*, 2014). Progressivamente, as lavouras cafeeiras cederam lugar à pecuária leiteira e de corte, sendo esta de maior expressão por ocupar grandes áreas de pastagens, porém de baixa produtividade.

Essa forma continuada de uso da terra, com ausência de práticas conservacionistas e o uso frequente de queimadas para renovação das pastagens, acarretou na perda de grande parte da matéria orgânica, resultando em um elevado grau de degradação do solo (DRUMMOND, 1997; MENEZES *et al.*, 2010). As terras, outrora férteis, foram perdendo o potencial produtivo, dando origem a um solo depauperado que sustenta uma vegetação rala e deficitária nutricionalmente, contribuindo consequentemente, para o aumento do escoamento superficial e erosão laminar (MIRANDA *et al.*, 2011a).

A região do Médio Par

aíba do Sul encontra-se hoje tomada por cicatrizes de processos erosivos, com destaque para as voçorocas comumente observadas nas encostas dos morros, consequência das intensas precipitações ocorridas no verão associadas à aspectos geomorfológicos e à falta de proteção do solo pela remoção da Floresta Atlântica (MENEZES *et al.*, 2010). Segundo dados do Comitê Médio Paraíba do Sul (2017), a região é considerada a mais crítica no que diz respeito a processos erosivos, com 50% de sua área com altos índices de vulnerabilidade à erosão.

De acordo com estudos realizados pelo Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul o trecho do rio Paraíba do Sul entre as estações de

medição de sedimentos de Volta Redonda e Barra do Pirai (trecho que contempla o município de Pinheiral) é o que apresenta a segunda mais alta produção específica de sedimentos ($5,89 \text{ t. ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) sendo que parte dela, estimada em $680.800 \text{ t. ano}^{-1}$, está sendo transferida através da transposição para o Rio Guandu (Sistema Light-Cedae) principal fonte de abastecimento do município do Rio de Janeiro (COPPETEC FUNDAÇÃO, 2002).

2.2. Restauração de mata ciliares

As matas ciliares ou matas ripárias são formações vegetais que acompanham os cursos d'água ou lagos, cumprindo sua função na manutenção do regime hídrico da bacia hidrográfica e na estabilidade dos ambientes. Segundo Lima e Zakia (2004) sua presença reduz significativamente o escoamento superficial de partículas e sedimentos que causam poluição e assoreiam os recursos hídricos. A vegetação ciliar atua como barreira física, regulando os processos de troca entre os ecossistemas terrestres e aquáticos e desenvolvendo condições propícias à infiltração (KAGEYAMA, 1986; MOREIRA, 2002; BICALHO *et al.*, 2010). Possui também papel funcional como corredores ecológicos, ligando fragmentos florestais e, portanto, facilitando o deslocamento da fauna e o fluxo gênico entre populações de espécies animais e vegetais (MARTINS, 2007).

Apesar da reconhecida importância ecológica, devido à água ser considerada o mais importante recurso natural para o ser humano, as matas ciliares ainda são alvo da especulação imobiliária e utilizadas para a agricultura e pecuária e na maioria dos casos, transformadas apenas em áreas degradadas, sem nenhum tipo de função.

Por outro lado, há a crescente imposição legal estabelecida por políticas ambientais para a proteção dessas áreas. As matas ciliares são caracterizadas como áreas de preservação permanente (APP) amparadas pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN) 12651/12, que estabelece normas gerais com o fundamento central da proteção e uso sustentável dessas florestas e demais formas de vegetação nativa em harmonia com a promoção do desenvolvimento econômico (BRASIL, 2012). Segundo Brancalion *et al.* (2016), a implantação da LPVN é essencial para recuperar as florestas que foram eliminadas das áreas protegidas da propriedade rural como as APP's e, assim garantir os serviços ecossistêmicos como o suprimento de água para a agropecuária e para o consumo humano, além de moderar os efeitos das variações climáticas em cada ecossistema. Tais serviços são indispensáveis tanto para o desenvolvimento agrícola como para o bem-estar e a segurança das populações que vivem no campo. (BRANCALION *et al.*, 2016).

Nesse contexto, a relevância deste tipo de formação florestal tem estimulado o desenvolvimento de estudos e técnicas envolvendo a proteção desta vegetação. Moraes *et al.* (2013) destacam que as técnicas de restauração podem variar desde as que não requerem nenhuma intervenção direta às que têm alto grau de intervencionismo. As técnicas não intervencionistas estão basicamente relacionadas à eliminação da fonte de degradação e dependem de características da paisagem que possam favorecer a regeneração natural da área perturbada, como a proximidade de florestas remanescentes (MORAES *et al.*, 2010). Nesses casos, alguns métodos têm sido propostos e testados dentro do contexto da restauração, como a condução da regeneração natural e o uso de banco de sementes (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015). Somam-se a isso técnicas de nucleação, como ações de transplante de serapilheira e a implantação de poleiros artificiais (REIS *et al.*, 2003).

Por outro lado, Martins (2007) ressalta que a vegetação natural de um determinado ambiente, pode não ter a capacidade de se recuperar de distúrbios naturais

ou antrópicos pela regeneração natural, visto o grau e a intensidade da degradação. Em muitos desses ambientes, onde a vegetação natural era composta por matas ciliares, o processo de devastação é antigo, tendo iniciado com o desmatamento para transformação da área em campo de cultivo ou em pastagem. Dependendo da intensidade do uso, a degradação pode ser agravada pela redução da fertilidade do solo pela exportação de nutrientes pelas culturas, pela prática de queimadas e pela compactação e erosão do solo causada pelo pisoteio do gado ou trânsito de máquinas agrícolas (MARTINKOSKI; VOGEL; MARTINS, 2013).

De acordo com Moraes *et al.* (2013) para se restaurar uma área degradada é necessário entender, antes de tudo, o que causou sua degradação e por que essa área não se regenera naturalmente. Nesses casos, segundo o autor, as intervenções requerem ações mais diretas, como a semeadura direta e o plantio de mudas de espécies florestais, além da eliminação da barreira imposta à regeneração (geralmente, através do manejo de plantas consideradas invasoras, como as gramíneas).

Nos plantios de mudas em área total, realizados em ambientes fortemente degradados é comum a utilização de consórcios de espécies nativas regionais de bom crescimento e boa cobertura (espécie de preenchimento), com espécies mais longevas (espécies de diversidade) que conseguem se desenvolver também em ambientes mais sombreados (NAVE e RODRIGUES, 2007). As espécies de preenchimento auxiliam no rápido sombreamento do solo e evitam processos erosivos, e garantem a modificação do ambiente com a reconstrução da fisionomia florestal em curto período de tempo, enquanto que as espécies de diversidade são fundamentais para o sucesso e a perpetuação da área plantada, garantindo com o passar do tempo, na retomada das relações ecológicas no ambiente (RODRIGUES *et al.*, 2009a).

2.3. Sistemas agroflorestais na restauração de áreas degradadas

Considerando que as práticas de restauração florestal têm como objetivo promover e restabelecer a composição e a estrutura da floresta, os sistemas agroflorestais (SAF's) possibilitam a utilização de grande número de espécies combinadas, entre agrícolas e florestais na mesma unidade de manejo da terra, de forma harmoniosa, complementar e sinérgica (AMADOR e VIANA, 1998).

Para o ICRAF (International Centre of Research in Agroforestry), “sistemas agroflorestais (SAF's) são combinações do elemento arbóreo com espécies herbáceas (pasto, culturas anuais) e/ou animais, organizados no espaço e/ou no tempo, obtendo-se benefícios das interações ecológicas e econômicas resultantes”(NAIR, 1984).

Os SAF's pela aproximação aos ecossistemas naturais em estrutura e diversidade, representam um grande potencial para a restauração de áreas e ecossistemas degradados (AMADOR, 2003).

Segundo Moraes *et al.* 2013, esses sistemas apresentam grande potencial estratégico para um desenvolvimento sustentável, pela conservação dos solos e da água, diminuição do uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, adequação à pequena produção, a conservação da biodiversidade e a restauração de fragmentos florestais. Ademais, os SAF's implantados próximos de rios e córregos como forma de proteção podem reduzir significativamente sedimentos e poluentes carreados para os corpos hídricos (SCHOENEGER, 1993; UDAWATTA, 2011).

Os SAF's fornecem uma série de benefícios para modelos de cultivo sustentáveis e podem mitigar os impactos de uma gestão agrícola insustentável (FREITAS *et al.*, 2018). Isso ocorre porque tais sistemas promovem uma boa cobertura do solo e aumentam o ciclo de nutrientes, conservando a biodiversidade e os serviços

ecossistêmicos, ao mesmo tempo em que fornecem subsistência pela oferta de produtos agrícolas e/ou florestais (BEENHOUWER, AERT, E HONNAY, 2013).

Fávero e Mendonça (2008), consideram que a restauração florestal através de SAF's, na perspectiva agroecológica, pressupõe a potencialização da regeneração natural e da sucessão de espécies, promovendo melhorias nas condições de solo pelas interações positivas que ocorrem entre os seus componentes. Essas interações favorecem a ciclagem de nutrientes pela adição de quantidades substanciais de matéria orgânica no ambiente (GAMA-RODRIGUES, 2011; GOTSCH, 1992) e reduzem o risco de erosão do solo e desmoronamentos (FRANCO *et al.*, 2002).

A lei de preservação da vegetação nativa (LPVN – Lei 12651/2012) define as áreas de preservação permanente e considera o uso de sistemas agroflorestais nas áreas já consolidadas com vistas a restauração dos ecossistemas e retorno econômico para os produtores rurais. Nos termos da lei, a exploração agroflorestal comunitária ou familiar é considerada de baixo impacto e de interesse social e pode ser realizada em áreas de APPs desde que não descaracterizem a cobertura florestal existente. Em âmbito estadual a resolução nº 134/2016 do Instituto Estadual de Meio Ambiente (INEA) estabelece critérios e procedimentos para a utilização de SAF's para recomposição de áreas ciliares, de modo a favorecer a sucessão florestal mantendo o solo permanentemente coberto e como alternativa de renda a partir da exploração de produtos florestais não madeireiros, produzidos pela conservação das espécies nativas.

Brancalion, Gandolfi e Rodrigues (2015) destacam que a modalidade de sistema agroflorestal temporário é uma alternativa interessante para redução dos custos ou mesmo propiciar ganhos no processo de restauração do ecossistema. Nesse sistema, conhecido como taungya as espécies agrícolas de ciclo curto são cultivadas em meio as espécies florestais, nas fases iniciais do reflorestamento, até que o desenvolvimento dos indivíduos arbóreos e o conseqüente sombreamento do solo impossibilitem a sequência dos cultivo agrícola. Os autores ressaltam ainda, que essa é uma opção de manejo muito coerente, pois os custos de manutenção de reflorestamentos de espécies nativas são elevados, e por isso nem sempre as atividades de manutenção são conduzidas na frequência e na intensidade recomendada. Como geralmente os plantios de restauração apresentam espaçamentos amplos (de 2 a 3 metros) nas entrelinhas, o aproveitamento dessa área útil pode possibilitar ao agricultor uma alternativa de renda a curto prazo, com o plantio de espécies agrícolas. Além disso, até que ocorra o sombreamento efetivo do solo pelo fechamento das copas, em torno de quatro anos, o uso das entrelinhas com espécies agrícolas atenua o crescimento vigoroso de gramíneas espontâneas, altamente competitivas.

2.4. Espécies agrícolas em sistemas agroflorestais

O interesse pela adoção de SAF's tem crescido entre os agricultores, contudo pesquisas aplicadas para as condições do Médio Paraíba ainda são raras, dificultando a tomada de decisão por aqueles que pensam em implantar esse tipo de sistema. Os SAF's devem ser planejados de acordo com as características de cada região (como solo, relevo, clima e composição de espécies) (MAY e TROVATTO, 2008). Assim, há ainda muitas questões a serem investigadas, tais como: a melhor composição de espécies, para atingir os objetivos do SAF; os efeitos no ecossistema e sobre as culturas agrícolas associadas; o melhor arranjo espacial e temporal entre as espécies plantadas; as práticas de manejo mais adequadas à composição de espécies implantadas; a melhor fase para realizar certas práticas de manejo; e o período certo para substituir espécies ou acrescentar novas (MIRANDA *et al.*, 2017).

Em sistemas agroflorestais taungya em área de APP hídrica, as condições de solo e sombreamento apresentam um grande empecilho para seleção da composição adequada das espécies agrícolas, visto que nessa área não se tem o manejo das espécies arbóreas para possibilitar uma melhor entrada de luz no sistema. A conjunção desses fatores limitantes restringe a maioria das culturas usualmente utilizada na agricultura tradicional.

Na região Vale do Paraíba Paulista em áreas de preservação permanente e reserva legal, a taioba e o inhame, assim como cúrcuma, mangarito e outras PANC's (plantas alimentícias não convencionais) têm sido opções de espécies agrícolas para os sistemas agroflorestais com guanandi (*Calophyllum braziliense* Cambess.), principalmente por sua adaptação às condições de sombreamento parcial e umidade do terreno (DEVIDE e CASTRO, 2011).

Da família Araceae, o inhame ou taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) e a taioba (*Xanthosoma taioba* (L.) Schott) apresentam alta rusticidade edafoclimática adaptando-se muito bem a solos de baixadas, passíveis de inundação temporária. Segundo Botrel *et al.* (2017) essas espécies se desenvolvem bem em consórcios com plantas de maior porte, uma vez que tolera o sombreamento, compondo muito bem sistemas agroflorestais.

2.5. O uso de espécies de adubação verde – feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*)

Os SAF's, quando associados e manejados com espécies de adubação verde, podem contribuir substancialmente com o processo de recuperação do solo (ISERNHAGEN.; BRANCALION; RODRIGUES, 2014). De acordo com Pentead (2010) as espécies vegetais de adubação verde são utilizadas com a finalidade de produção de biomassa vegetal para melhoria e fertilização dos solos. Essas plantas por sua capacidade de associação simbiótica com bactérias do grupo dos rizóbios são capazes de fixar o N² atmosférico e torná-lo disponível melhorando as propriedades do solo.

Algumas espécies de adubos verdes apresentam bom desempenho para fins específicos e outras são adaptáveis a diferentes condições. O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), vegetal resistente às adversidades climáticas, se adapta desde a condições de aridez das regiões semiáridas até ao clima úmido de regiões com florestas tropicais (TEODORO *et al.*, 2011).

Para Isernhagen *et al.* (2014), o uso de feijão-de-porco possibilita melhoria às propriedades físicas, químicas e dos organismos do solo, facilitando o desenvolvimento da vegetação, bem como dos processos de regeneração e sucessão secundária, acelerando assim a restauração florestal do ecossistema.

O uso de adubação verde através de feijão-de-porco, também apresenta eficácia na redução da competição das espécies florestais com espécies invasoras constituindo-se uma alternativa viável para a redução da infestação da área de restauração por plantas espontâneas (ERASMO, 2004). Muitas das espécies de adubo verde possuem a capacidade de restringir o desenvolvimento dessas plantas, principalmente gramíneas exóticas invasoras, como a braquiária. Essa metodologia baseia-se na utilização de material vegetal, incorporado ou não ao solo, para promover a sua rápida cobertura e reduzir dessa forma, o estabelecimento de espécies espontâneas (FRAGOSO *et al.*, 2016).

2.6. Indicadores biológicos do solo

O uso de indicadores biológicos no monitoramento da qualidade do solo em programas de restauração pode ser útil para avaliar a eficácia das medidas para melhoria da qualidade ambiental, assim como detectar mudanças ambientais em fase inicial (STRAALEN, 1998). De acordo com Araújo e Monteiro (2007), estes indicadores são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema.

Monitorar mudanças que ocorrem ao longo do tempo no solo em resposta aos sistemas de uso e manejo agrícola é essencial para avaliar a “saúde” do ecossistema estudado (PEZARICO *et al.*, 2013).

Para análise qualitativa dos solos, os indicadores biológicos – como a fauna do solo e os fungos micorrízicos arbusculares – têm sido frequentemente sugeridos por serem sensíveis às transformações causados pelo manejo nos diferentes ambientes (VELASQUEZ *et al.*, 2007).

O conhecimento da composição e dinâmica dos organismos do solo é importante para o desenvolvimento de sistemas de manejo mais eficientes. Segundo Xavier *et al.* (2005), os diferentes tipos de manejo pode resultar em níveis de estresse ou de melhoria para as plantas refletir na composição da fauna do solo e na diversidade dos fungos micorrízicos.

2.6.1 Fauna do solo

A fauna edáfica apresenta uma complexidade nos diferentes grupos taxonômicos e funcionais diretamente relacionados ao tipo de ambiente. Segundo Lavelle e Spain (2001), os organismos da fauna do solo são sensíveis às intervenções antrópicas no ecossistema. Este autores ressaltam ainda que a densidade e a diversidade desses organismos assim como a presença de determinados grupos específicos podem ser utilizados para indicar alterações na qualidade do solo.

As alterações na comunidade da fauna do solo podem ocorrer em função do manejo adotado e do grau de intervenção no solo ocasionando efeitos benéficos ou prejudiciais a esses organismos. De acordo com Cruz *et al.* (2007), a fauna do solo tem estreita relação na formação e manutenção dos constituintes do solo, porém é afetada por fatores como qualidade e quantidade da matéria orgânica, pH, temperatura, umidade, textura, cobertura vegetal e práticas agrícolas. Estes fatores podem promover alteração na abundância, na riqueza e na diversidade da fauna.

Os organismos da fauna do solo, de um modo geral, são classificados em 3 grupos principais: microfauna, mesofauna e macrofauna (MELO *et al.*, 2009). A microfauna inclui os organismos menores que 0,2 mm como nematoides e protozoários, por exemplo. Os organismos da mesofauna possuem tamanho entre 0,2 e 2,0 mm tendo como representantes mais comuns os colêmbolos e ácaros (MOREIRA *et al.*, 2010) Já a macrofauna inclui os organismos visíveis a olho nu (> 2,0 mm), representada por mais de 20 ordens taxonômicas (MOREIRA *et al.*, 2010).

A fauna epígea agrega organismos invertebrados de mesofauna e macrofauna edáfica que atuam na superfície do solo associados a serapilheira e são considerados indicadores biológicos fundamentais (MOREIRA *et al.*, 2010). Estão envolvidos na ciclagem de nutrientes, na decomposição da matéria orgânica e na melhoria dos atributos físicos como agregação, porosidade e infiltração de água (CORREIA e OLIVEIRA, 2000). Para Moço *et al.* (2005) o monitoramento da diversidade de grupos de fauna epígea ajuda a entender a função desses organismos e a complexidade ecológica dessas comunidades.

2.6.2 Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG)

Dentre os diversos componentes da biota do solo, os fungos micorrízicos arbusculares são importantes componentes da comunidade microbiana do solo, tanto em sistemas naturais como em agroecossistemas.

Os fungos micorrízicos arbusculares são simbioses obrigatórios, ou seja desenvolvem-se e mantêm sua nutrição nas raízes das plantas, porém sem ocasionar danos ou qualquer ônus à planta hospedeira. Desse modo, a planta supre o fungo com compostos ricos em carbono via fotossíntese, enquanto os fungos provêm para as plantas nutrientes minerais e água através da extensa rede de hifas presente no solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Pertencentes ao filo Glomeromycota, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) colonizam cerca de 80% das plantas vasculares e possuem distribuição global sendo encontrados nos mais diversos ecossistemas (GERDMANN e NICOLSON, 1963; SCHUBLER *et al.*, 2001). No entanto, as modificações na superfície do solo como a raspagem e revolvimento das camadas superficiais, eliminação da matéria orgânica e retirada da vegetação, podem propiciar a extinção dos propágulos de fungos micorrízicos (SILVA, 2005).

A contagem e identificação dos propágulos de FMAs pode ser utilizadas como indicadores biológicos da qualidade do solo. A identificação das espécies pode gerar informações sobre o habitat, uma vez que possuem um padrão de ocorrência e têm respostas diferentes em decorrência de alterações no solo (MARTINS, 2009).

Segundo Schloter *et al.* (2003) os FMAs podem ser utilizados para caracterizar diferenças no manejo do ambiente, seja através da identificação e composição de suas espécies, ou por produtos típicos desse grupo de fungos tais como proteína do solo relacionado a glomalina (PSRG). De acordo com Wright e Updahyaya (1998) a PSRG é uma glicoproteína hidrofóbica, recalcitrante e termoestável, que pode ser extraída de hifas do FMAs ou do solo através do uso citrato de sódio (0-50 mM; pH 7,0 ou 8,0) a elevada temperatura (121°C).

Acredita-se que as características do solo, as condições climáticas, o manejo, a presença e o tipo da vegetação exerçam influência na quantidade de PSRG produzida pelos fungos micorrízicos arbusculares (WRIGHT *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2012). A propriedade de “cola” da PSRG, age diretamente na fixação das partículas do solo, além de contribuir para estabilidade dos agregados, tem sido apontada como um importante meio de armazenamento do carbono e nitrogênio no solo (WRIGHT, GREEN e CAVIGELLI., 2007; FOKOM *et al.*, 2012), sendo bastante sensível às perturbações e alterações no uso do solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no município de Pinheiral, região do Médio Paraíba do Sul no Rio de Janeiro. Foi selecionada uma área no Espaço Ecológico Educativo – EEcoE, local destinado a pesquisa científica e educação ambiental, inserido no Instituto Federal do Rio de Janeiro, Campus Pinheiral (Figura 01). O EEcoE está localizado sob as coordenadas UTM Zona 23S, 7508700 N e 603400 L, compreendendo uma área total de 37 ha, inserida na sub-bacia do Ribeirão Cachimbal, afluente do Rio Paraíba do Sul (MIRANDA, 2011b).

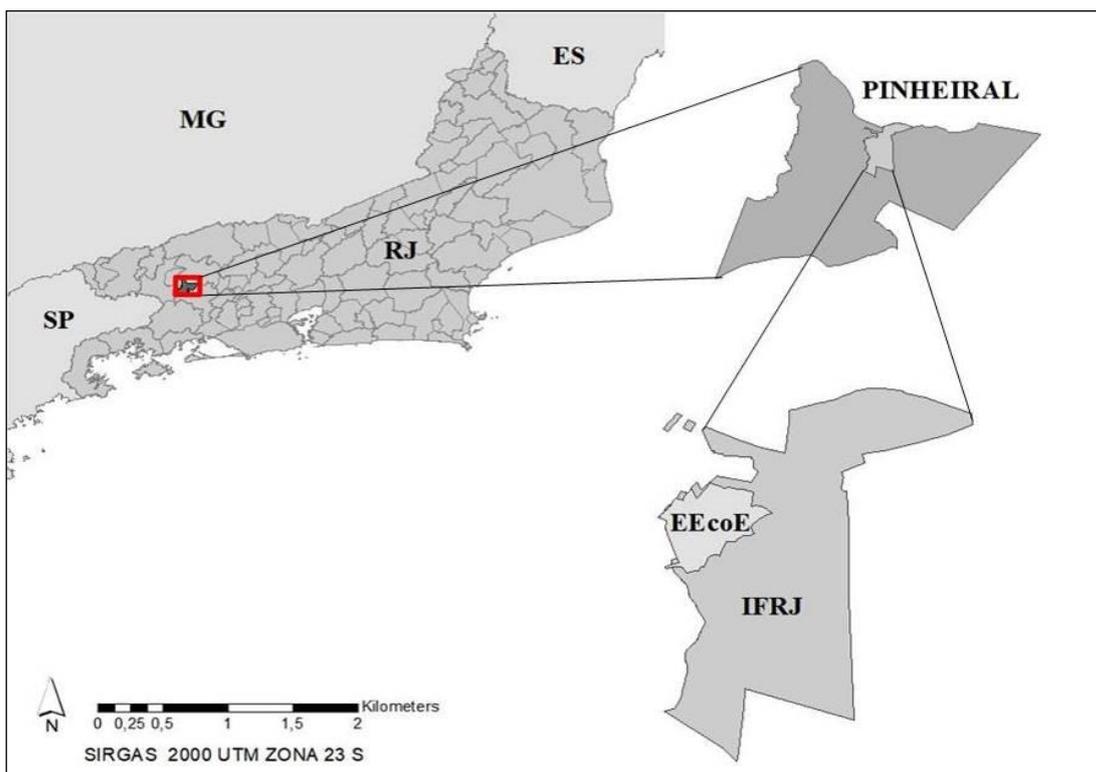


Figura 1. Área de estudo no município de Pinheiral, RJ.

3.1.1 Clima

O clima, segundo classificação de Köppen, é Am tropical com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 20,9°C, com máxima de 33°C, em dezembro e janeiro, e mínima de 12°C em julho. A precipitação média anual é de 1.322 mm, apresentando excedente entre dezembro e março, e escassez hídrica entre junho a setembro (INMET, 1992).

3.1.2 Geomorfologia

A geologia local apresenta predomínio de Microclina Gnaiss Porfiroclástico, Biotita Muscovita, Gnaiss e Biotita Gnaiss. Ocupando menores extensões encontram-se os sedimentos da Bacia de Volta Redonda e os do Quaternário e os diques de rochas básicas (AB'SABER, 1996).

3.1.3 Relevo

A região é caracterizada por relevo acidentado (ondulados a forte-ondulado), inserida no domínio morfoclimático de “Mar de Morros” (AB´SABER, 2011), com predominância de morros com topos convexos e encostas íngremes de declividades variadas e áreas de várzeas estreitas (OLIVEIRA, 1998). A condição de relevo, associado à presença de solos rasos e pedregosos e ao clima tropical, com radiação solar intensa e precipitações volumosas e concentradas em alguns meses do ano (verão), torna os solos da região altamente vulneráveis a processos erosivos (AB´SABER, 2011).

3.1.4 Vegetação

A vegetação original pertence ao domínio do bioma Mata Atlântica, cuja cobertura original é definida pela Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE, 2012).

O entorno da área de estudo no EEcoE é composta principalmente por áreas de pastagens abandonadas e pequenos fragmentos florestais em diversos estágios sucessionais, incluindo alguns pontos de reflorestamentos recentes, para fins de ensino. Segundo Silva *et al.* (2014), de acordo com o mapeamento de uso do solo realizado no local, a área possui aproximadamente 18,8% de fragmentos florestais, 39,2% de vegetação em estágio secundário (capoeira), 35% de pastagens não manejadas (braquiária) e 7,0% de solo exposto.

3.2 Unidade amostral

A área experimental de aproximadamente 0,2 ha situa-se em uma pequena várzea encaixada entre duas encostas (Figura 2) dentro do EEcoE.

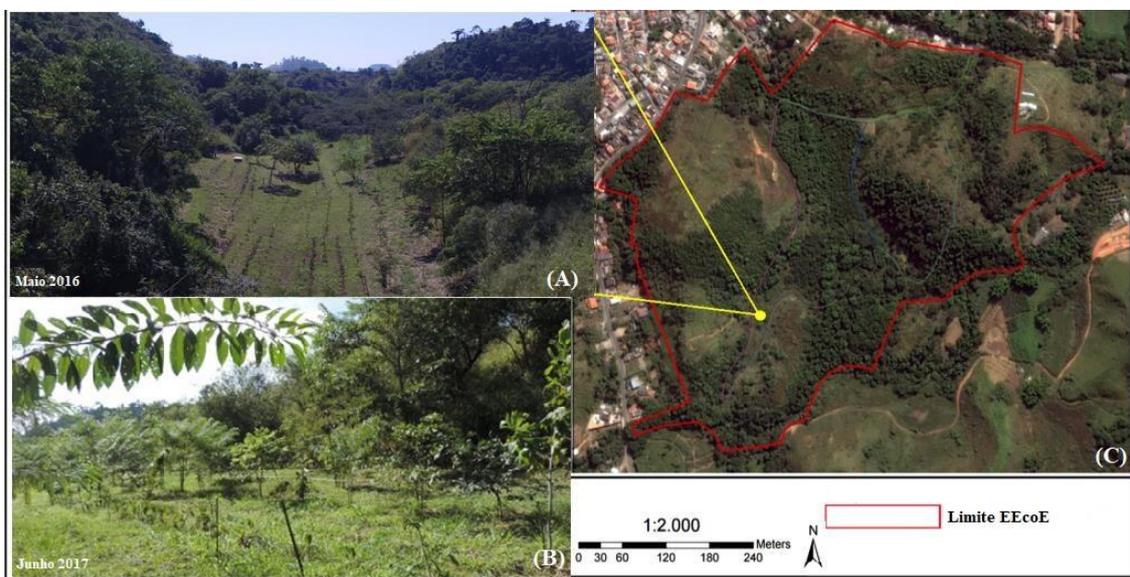


Figura 2. Área do experimento no EEcoE (Espaço Ecológico Educativo) (A) Visão aérea em maio de 2016; (B) Plantio em junho de 2017 e (C) Limite do EEcoE com destaque para a área do experimento. Fotos: Cristiana do Couto Miranda

A área de várzea possui variabilidade do nível do lençol freático, com episódios isolados de alagamento na estação chuvosa.

Anteriormente a área foi utilizada como pastagem não manejada, com vegetação predominante por gramíneas como colônio (*Panicum maximum*) e braquiária

(*Urochloa spp.*) (Comunicação pessoal –Almir Ferreira IFRJ). O solo predominante foi classificado como Gleissolo Háplico.

3.3 Descrição do experimento

3.3.1 Planejamento e seleção das espécies florestais e espécies agrícolas

A seleção das espécies florestais nativas para o experimento foi realizada considerando seu potencial de restauração de mata ciliar e de retorno econômico, como fonte de usos florestais não madeireiros (MIRANDA *et al.*, 2016). Esta seleção teve como base levantamentos florísticos da região e estudos sobre a área de ocorrência natural (MIRANDA, 2011b; MIRANDA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2014; MIRANDA *et al.*, 2017), e classificação da espécie quanto à síndrome de dispersão, polinização e fenologia (APÊNDICE I). Posteriormente, as espécies foram separadas em grupos funcionais de preenchimento e diversidade de acordo com Nave e Rodrigues (2007). Foram selecionadas 10 espécies do grupo de preenchimento e 5 espécies do grupo de diversidade conforme descrito na Tabela 01.

Tabela 1. Espécies florestais selecionadas para plantio em área de mata ciliar, no município de Pinheiral, RJ.

Cód.	Nome popular	Nome científico	Família	Grupo ecológico
Grupo de preenchimento				
1	Pau-formiga	<i>Triplaris americana</i> L	Polygonaceae	Secundária inicial
2	Pau-cigarra	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) Irwin e Barneby	Fabaceae	Pioneira
3	Pau-viola	<i>Cytharexylum myrianthum</i> Chamião	Verbenaceae	Pioneira
4	Ingá	<i>Inga uruguensis</i> Hook. e Arn.	Fabaceae	Pioneira
5	Orelha-de-negro	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Fabaceae	Pioneira
6	Grandiúva	<i>Trema micranta</i> (L.) Blume	Canabaceae	Pioneira
7	Camboatá	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Sapindaceae	Pioneira e/ou secundária inicial
8	Acoita-cavalo	<i>Luehea divaricata</i> Mart. e Zucc	Tiliaceae	Pioneira e/ou secundária inicial
9	Eritrina-candelabro	<i>Erythrina speciosa</i> Andrews	Fabaceae	Secundária inicial
10	Ingá-do-brejo	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Fabaceae	Secundária inicial
Grupo de diversidade				
<i>a</i>	Palmito-juçara	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Arecaceae	Clímax
<i>b</i>	Jerivá	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arecaceae	Clímax
<i>c</i>	Jabuticaba	<i>Myrciaria cauliflora</i> (Mart.) O.Berg	Myrtaceae	Clímax
<i>d</i>	Guamirim	<i>Myrcia rostrata</i> DC	Myrtaceae	Secundária inicial e/ou tardia
<i>e</i>	Jenipapo	<i>Genipa americana</i> DC	Rubiaceae	Secundária tardia

Fonte: Adaptado de Miranda *et al.* (2016)

Para as espécies agrícolas, a seleção teve por base os seguintes critérios: utilização na região do Médio Paraíba; fácil manejo e conhecimento pelo produtores locais e, principalmente, adaptação às condições de semihidromorfismo do terreno (área de várzea) e tolerância a sombreamento parcial (sistema agroflorestal). A partir dessas características limitantes, optou-se pelo inhame (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) como cultura I e a taioba (*Xanthosoma taioba* (L.)) como cultura II, ambas da família botânica Araceae.

Com base nessa caracterização, foram planejados e implementados um modelo de restauração baseado em um sistema agroflorestal (**Tratamento SAF**) e um modelo em plantio convencional, utilizando apenas espécies florestais nativas (**Tratamento REST**) como proposta de restauração florestal em área de mata ciliar.

3.3.2 Implantação das espécies florestais

A área experimental foi roçada previamente através de roçadeiras laterais, seguidos de capina manual nas linhas de plantio. Nos berços de plantio de dimensões 30 cm x 30 cm x 30 cm (comprimento x largura x profundidade) foi adicionado adubação orgânica, através de esterco de curral (MIRANDA *et al.*, 2016).

O plantio das mudas foi realizada em Dezembro de 2015, seguido do replantio entre 15 e 30 dias após o plantio (MIRANDA *et al.*, 2016). Para o replantio, foram utilizados indivíduos da mesma espécie, visando manter o arranjo de plantio planejado. As mudas utilizadas foram produzidas em sacos plásticos de 9 x 20 cm (diâmetro x altura), com troncos rustificados e porte adequado para plantio, foram adquiridas em viveiros da região.

As espécies florestais foram dispostas em seis linhas com 10 plantas cada, com espaçamento de 3 m x 2 m (1.666 mudas/ha), sendo as espécies de diversidade intercaladas com as espécies de preenchimento nas linhas centrais, de acordo com o arranjo descrito na Figura 3. Para o tratamento SAF as espécies agrícolas foram, sequencialmente, implantadas nas entrelinhas das espécies florestais.

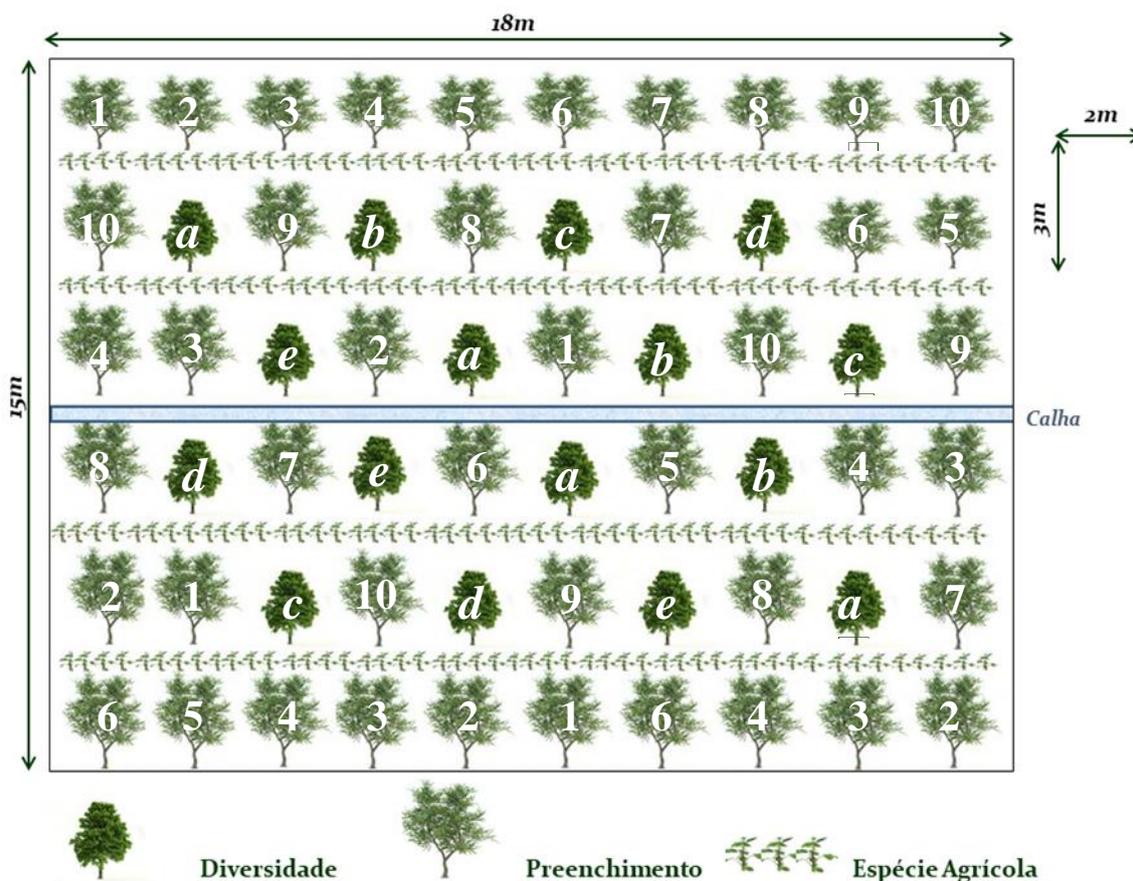


Figura 3. Esquema representativo mostrando a disposição das espécies florestais e agrícolas implantadas em Pinheiral, RJ (parcela do tratamento SAF). Onde: 1= Pau formiga; 2= Pau cigarra; 3= Pau viola; 4=Ingá; 5= Orelha-de-negro; 6= Grandiúva; 7=Camboatá; 8=Açoita-cavalo 9=Eritrina-candelabro; 10=Ingá-do-brejo; a=Palmito-juçara b=Jerivá c=Jabuticaba d=Guamirim e e=Jenipapo. Fonte: Adaptado de Miranda *et al.* (2016).

Cada parcela possui dimensões de 15 m x 18 m, sendo implantadas três repetições (parcelas) para o tratamento SAF e três repetições para o tratamento REST, totalizando 6 parcelas no experimento. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC). (Figura 04). Foram inseridos 60 indivíduos por parcela, sendo 44 do grupo de preenchimento e 16 do grupo de diversidade, totalizando 360 mudas.

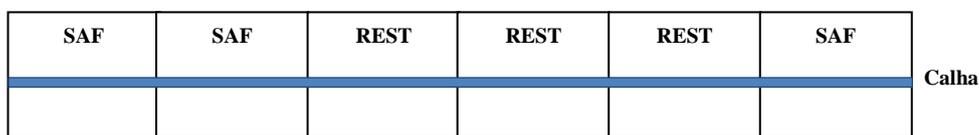


Figura 04. Disposição das parcelas em campo, sorteio ao acaso. Onde: SAF= Plantio em sistema agroflorestal e REST= Plantio convencional apenas espécies florestais.

Para condução durante o experimento, foi realizado controle de formigas com aplicação de iscas granuladas e limpeza do terreno, por meio de roçadas e capinas manuais (mensalmente). Tendo em vista os pressupostos agroecológicos, não foi utilizado adubação química ou uso de defensivos. Nos berços de plantios das espécies florestais foi utilizado somente esterco de curral curtido.

3.3.3 Implantação das espécies agrícolas

A primeira cultura do SAF, o inhame (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), foi inserida em fevereiro de 2016. No entanto, devido à época do ano em que a cultura foi plantada e às intempéries do clima (período longo de seca), a colheita ficou comprometida, inviabilizando a análise prevista. Dessa forma, essa mesma cultura foi replantada em novembro de 2016. Os rizomas provenientes de produtores da região, foram separados e classificados quanto ao tamanho. O plantio foi realizado em quatro linhas nas entrelinhas das espécies florestais, através de covas altas (amontoas) preparadas com uso de adubação orgânica (esterco de curral). O espaçamento adotado foi de 0,80 cm entre plantas, totalizando 23 plantas por linha e 92 plantas por parcela. Os procedimentos anteriores descritos foram realizados pela equipe do IFRJ-Campus Pinheiral no ano de 2016.

Em setembro 2017, foi realizada a colheita do inhame após nove meses o plantio.

A segunda cultura do SAF foi a taioba (*Xanthosoma taioba*) (L.) Schott, implementada em junho de 2018. Para o plantio, foram utilizados rizomas obtidos de produtores rurais da região, os quais passaram pelo processo de padronização do tamanho. As covas de aproximadamente 10 cm de profundidade, foram preparadas utilizando esterco de curral curtido. Os rizomas foram inseridos em quatro linhas de plantio nas entrelinhas das espécies florestais, adotando espaçamento de 50 cm entre plantas, totalizando 40 plantas por linha e 160 em cada parcela. A colheita da taioba prevista para 80-90 dias após o plantio não foi realizada, em tempo hábil para esse estudo, em função do baixo desenvolvimento das plantas.

Em ambas as culturas foi realizada irrigação somente no plantio.

3.3.4 Implantação do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*)

A semeadura do feijão-de-porco foi realizada no intervalo entre as culturas em SAF (após o inhame) em outubro de 2017, com o objetivo de testá-lo como alternativa ao controle de plantas invasoras, não desejáveis ao processo de restauração da área. Previamente à semeadura (no dia anterior) as áreas SAF e REST, foram roçadas igualmente com roçadeira lateral.

As sementes de feijão-de-porco foram inoculadas com estirpes de rizóbio em substrato turfoso (*Bradyrhizobium* código da estirpe BR2003) específico para a cultura, proveniente da Embrapa Agrobiologia (Figura 5).



Figura 5. Inoculação das sementes de feijão de porco: (A) Inoculante utilizado e (B) sementes de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) inoculadas prontas para a semeadura.

Somente nas parcelas do tratamento SAF, nas entrelinhas das espécies florestais, foram inseridas três linhas de feijão-de-porco com espaçamento de 0,5 m entre plantas, cerca de 8 sementes por metro linear. Em cada linha, foi incorporado adubação orgânica através de esterco de curral e efetuada uma irrigação. As plantas permaneceram no campo por 100 dias, até o início da floração do feijão-de-porco, posteriormente a área foi roçada e toda biomassa disposta como cobertura.

A área REST (somente espécies florestais) foi utilizada como testemunha, sem uso de roçada por igual período.

3.4 Avaliações

3.4.1 Desenvolvimento das espécies florestais

Foram realizadas avaliações periódicas de sobrevivência e crescimento das espécies florestais aos 6, 12, 24 e 36 meses após o plantio, com medições da altura da parte aérea (H), diâmetro ao nível do solo (DNS) e comprimento de copa longitudinal (D1) e transversal à linha de plantio (D2) para cada indivíduo. As mensurações de 6 e 12 meses foram realizadas pela equipe do IFRJ-Pinheiral no ano de 2016.

As medições de altura foram efetuadas com auxílio de vara graduada, para DNS utilizou-se paquímetro digital e os comprimentos da copa foram obtidos com uso de trena, conforme mostrado na Figura 6.



Figura 6. Avaliações de comprimento de copa (A) e altura (B) realizadas ao longo do período de monitoramento do experimento de restauração de mata ciliar, em Pinheiral, RJ.

Com os dados de comprimento de copa, determinou-se a cobertura do solo pela projeção perpendicular da copa das espécies arbóreas implantadas (GREIG-SMITH, 1983), aplicando-se o método de "grau de cobertura". O método do grau de cobertura consiste na relação entre a área de copa dos indivíduos arbóreas e a área total da unidade experimental (MÜELLER-DOMBOIS e ELLEMBERG, 1974), segundo a relação:

$$G = 100 * \left(\frac{\sum ai}{A} \right)$$

onde: G = grau de cobertura (%); ai = área da projeção da copa de cada indivíduo; A = área do tratamento (m²).

3.4.2 Efeito do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) no controle de plantas espontâneas

Em fevereiro de 2018, (em torno de 100 dias após a semeadura do feijão-de-porco e a última roçada nas áreas), foram realizadas análises de cobertura, quantificação da biomassa e composição florística das espécies espontâneas encontradas em SAF (com o feijão-de-porco) e REST.

Na caracterização da comunidade de plantas espontâneas, foi utilizado o método do quadrado inventário (BRAUN-BLANQUET, 1979) através de um gabarito de madeira de 0,5 m x 0,5 m. A partir deste, foram alocadas em cada parcela, cinco subparcelas de área de 0,25 m², distribuídas conforme esquema da Figura 7, totalizando 15 pontos de análise em cada tratamento.

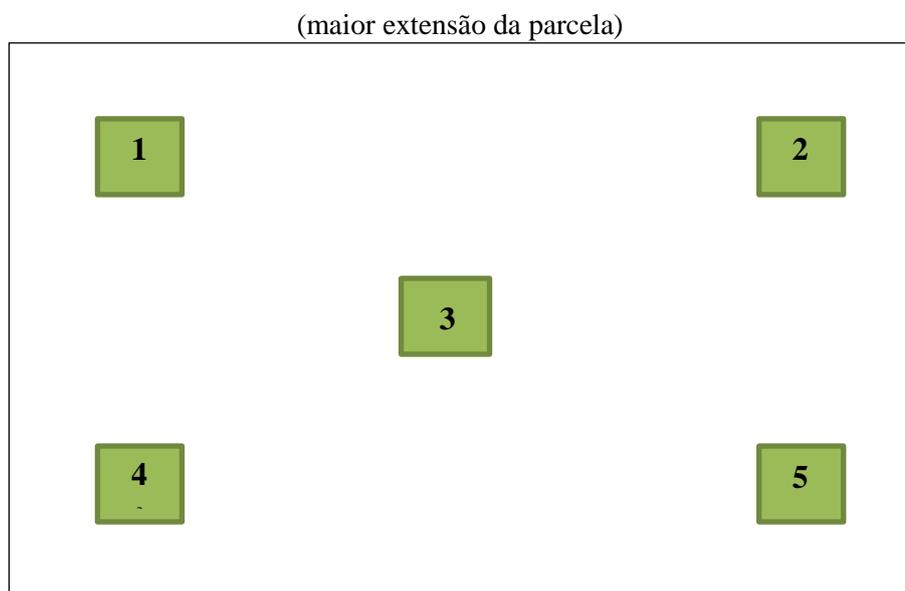


Figura 7. Esquema ilustrativo da distribuição das subparcelas para coleta de biomassa vegetal, em área de restauração florestal no município de Pinheiral, RJ.

Para o cálculo do percentual de ocupação das plantas espontâneas, o gabarito foi subdividido em 16 quadrantes de 0,125 cm x 0,125 cm, (Figura 8) a fim de estimar a porcentagem de cobertura vegetal de espécies espontâneas, feijão-de-porco e solo exposto, de acordo com a seguinte fórmula:

$$C\% = 100\% - SE\% - LC\%$$

Sendo C% = porcentagem de cobertura de plantas espontâneas em cada parcela; SE% = porcentagem de solo exposto em cada parcela; LC % = porcentagem de leguminosas de cobertura (feijão-de-porco) (ALVINO-RAYOL, 2011).



Figura 8. Gabarito utilizado para análise de cobertura das plantas espontâneas, feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) ou solo exposto, em área para restauração de mata ciliar em Pinheiral, RJ.

Foi realizado o levantamento da composição florística, observados os seguintes parâmetros: a) foram amostradas todas as plantas espontâneas nas parcelas; b) para os indivíduos amostrados foi coletado o material botânico para identificação taxonômica, através de comparações com exsicatas depositadas no herbário da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (RBR), quando necessário; c) a identificação foi realizada por família, seguida da identificação das espécies. As amostras de material botânico cuja identificação não foi possível, receberam o código de morfotipos e consideradas como espécies diferentes entre si.

A riqueza, definida como número de espécies presentes em determinada área, foi estimada por meio da contagem das espécies espontâneas que ocorreram em cada tratamento, ao passo que a diversidade de espécies foi calculada pelo índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') e equitabilidade pelo índice de Pielou (ODUM 1988).

Em cada subparcela a parte aérea das plantas foi cortada a 5 cm do solo, acondicionada em sacos plásticos e levada ao laboratório.

No laboratório foi realizada a triagem do material, para remoção de possíveis resíduos, e a separação em nível de espécie. As amostras de cada subparcela foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação forçada à temperatura de $65^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, por 72 horas ou até atingir peso constante, e após realizada a pesagem do material em balança analítica digital, conforme metodologia descrita por Ávila *et al.* (2012), para determinação da matéria seca da biomassa vegetal.

3.4.3 Caracterização dos custos e receitas

Foram avaliados os custos relacionados às atividades de implantação e manutenção das espécies arbóreas (roçadas e capinas), cultivo das espécies agrícolas (coveamento, plantio e capinas) e insumos (mudas/sementes) até os 36 meses. Os custos dos insumos utilizados foram determinados a partir da média de preços desses produtos em algumas lojas de produtos agrícolas da região sul do estado do Rio de Janeiro. A receita gerada pela espécies agrícolas foi quantificada com bases nos preços da região e tabela Ceasa RJ.

3.5 Análises dos indicadores biológicos do solo

Para as avaliações dos indicadores do solo, além dos tratamentos anteriormente descritos (SAF e REST) foram selecionadas outras duas áreas de referência circunvizinhas: uma área floresta secundária inicial - **Tratamento FSI** e uma área de pastagem abandonada com predominância de braquiária – **Tratamento PAST**.

A área de FSI trata-se de um fragmento florestal de mata aluvial de tipologia secundária inicial de aproximadamente 1,2 ha. A área PAST constitui-se de uma pastagem de vegetação dominante de braquiária (*Urochloa* spp.) e capim-colonião (*Panicum maximum*). Ambas as áreas se situam ao lado do experimento.

Todas as áreas apresentam características geomorfológicas e de topografia similares com predominância de Gleissolo Háplico. Na Tabela 2 está apresentada a análise da fertilidade das áreas, realizada no laboratório de análises de solos do IFRJ-Pinheiral, segundo metodologia proposta por Embrapa (1997).

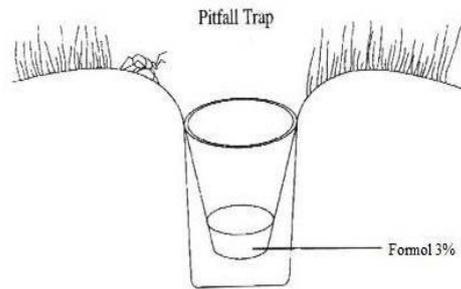
Tabela 2. Análise química das áreas amostradas realizadas 30 meses após a implantação do reflorestamento. FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais.

Tratamento	Prof. (cm)	PH H2O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	P	C.org.	MOS
			cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³	g kg ⁻¹	
FSI	0-5	5,1	7,7	4,6	0,3	0,1	0,4	10,1	12,3	35,0	60,0
	5-10	4,7	5,5	4,2	0,2	0,0	1,7	10,2	6,0	23,7	40,3
PAST	0-5	5,9	7,4	4,5	0,4	0,0	0,0	6,1	15,7	25,3	43,7
	5-10	5,5	6,4	4,0	0,2	0,0	0,2	7,6	4,7	18,7	32,3
SAF	0-5	6,1	9,7	4,8	0,8	0,1	0,0	6,0	25,7	33,0	56,3
	5-10	5,6	7,8	4,1	0,3	0,0	0,0	7,3	22,7	23,0	39,7
REST	0-5	5,9	9,8	4,7	0,5	0,1	0,0	6,6	22,0	31,7	54,3
	5-10	5,6	8,0	4,0	0,3	0,0	0,1	7,8	9,7	21,3	36,3

Foram realizadas análises da fauna epígea, fungos micorrízicos arbusculares e proteína do solo relacionado à glomalina.

3.5.1 Fauna epígea

As amostragens da fauna epígea foram realizadas usando armadilhas do tipo Pitfall (MOLDENKE, 1994). A armadilha pitfall consiste de um pote de plástico de aproximadamente 9 cm de altura e 8 cm de diâmetro, com líquido preservativo (formalina a 4%) enterrados no solo com a borda no nível da superfície, segundo a metodologia de Aquino *et al.* (2006) (Figura 9 a e b). Este tipo de armadilha captura a fauna epígea que vive e se locomove ativamente na superfície do solo associada aos diferentes tipos de materiais vegetais. Foram instaladas 9 armadilhas em cada tratamento (SAF, REST, FSI e PAST).



(a)



(b)

Figura 9. Pitfall para coleta da fauna epígea. a) Esquema demonstrativo da armadilha (Fonte: Martins, 2009) b) armadilha em uso no campo.

As armadilhas foram instaladas mantendo uma distância de 8 metros entre si e permaneceram no campo por 7 dias sob uma cobertura para evitar transbordamento da amostra pela precipitação pluviométrica.

Para a quantificação e caracterização da comunidade da fauna epígea foram realizadas duas amostragens: a primeira no período chuvoso (março de 2018), e a segunda no período seco (agosto de 2018). A figura 10 demonstra o acumulado de precipitação na região nos meses da instalação das armadilhas.

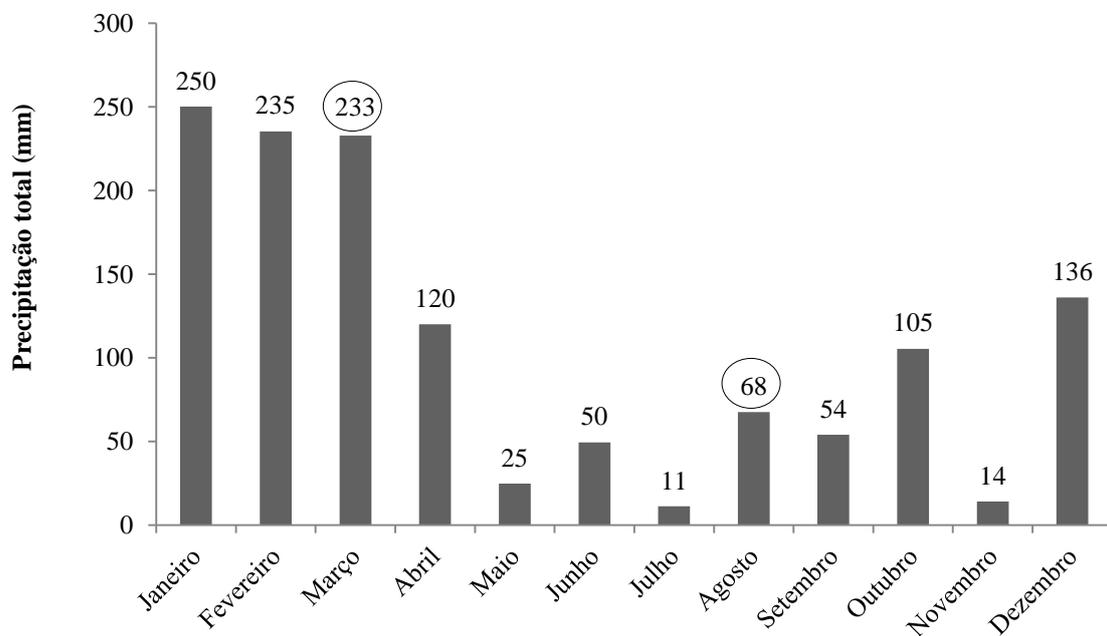


Figura 10. Precipitação pluviométrica (mm) durante os meses: Janeiro-Dezembro (2018) Obtida da estação INMET Resende-RJ.

Os organismos coletados foram conservados em álcool a 70%, em seguida foi realizada a separação manual dos invertebrados e demais detritos vegetais e de solo que se misturaram à fauna. Em laboratório, com auxílio de lupa, os organismos foram quantificados

e identificados em nível de ordem de acordo com as descrições fornecidas por Costa (1988), Csiro (1991) e Dindal (1990). A contagem e identificação da fauna do solo foram realizadas no Laboratório de Fauna do Solo IFRJ Pinheiral.

Através dos dados obtidos, foram estimadas a diversidade pelo índice de diversidade de Shannon (H), e a equabilidade dos grupos pelo o índice de Pielou (J), conforme descrito por Odum (1988).

Também foi calculada a riqueza média, que corresponde ao número médio de ordens ou grupos encontrados por armadilha e a riqueza total que expressa o número de grupos encontrados por área avaliada. A atividade da fauna foi analisada a partir do número de indivíduos.armadilha⁻¹.dia⁻¹, calculado através do número de indivíduos em cada amostra, dividido pelo número de armadilhas e de dias no campo (CORREIA e OLIVEIRA., 2000). Foi estimado também o seu respectivo erro padrão.

3.5.2 Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG).

Em todos os tratamentos foram coletadas amostras deformadas com o auxílio de um trado caneca, nas profundidades de 0-5 cm. Os pontos de coletas foram distribuídos de forma aleatória para melhor representação das condições dos ambientes. Para cada tratamento foram feitas 3 amostras compostas por 5 subamostras simples. As amostras foram devidamente armazenadas e transportadas para o laboratório, onde foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de 2,0 mm de malha. (EMBRAPA, 1997).

A diversidade foi avaliada através de análise morfológica de esporos de FMAs extraídos de amostras de solo. Para extração dos glomerosporos foram utilizados 50 cm³ do solo empregando-se as técnicas de decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN e NICOLSON, 1963), seguidas por centrifugação em água e sacarose (45%) (JEKINS, 1964) e a contagem realizada em placas canaletadas, sob microscópio ótico. Para identificação, os esporos foram preparados em lâminas com as soluções fixadoras Melzer e álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG). A identificação das espécies de FMAs foi realizada de acordo com a descrição morfológica disponível na internet na página da International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (<http://invam.caf.wvu.edu/>).

Para a extração da proteína do solo relacionada à glomalina total (PSRG-T) e facilmente extraível (PSRG-FE) foi utilizada a metodologia descrita por WRIGHT E UPDAHAYAYA (1998). Para cada uma das análises foi utilizado 1,0 g de terra fina seca ao ar. A PSRG-FE foi obtida a partir da extração em autoclave, utilizando-se 8 ml de solução citrato de sódio 20 mM, pH 7,4 a uma temperatura de 121°C por 30'. A quantidade PSRG-T foi obtida utilizando-se 8 ml de citrato de sódio 50 mM, a pH 8,0 a 121°C, por 60 minutos. Para extração desta fração, foi realizado mais de um ciclo de autoclavagem, até que as amostras atingissem a cor amarelo-claro. Em ambas as frações, posteriormente à autoclavagem, foram realizadas centrifugações a 5000 g por 10 minutos, onde o sobrenadante foi removido para posterior quantificação da proteína. A quantificação da glomalina foi realizada pelo método BRADFORD (1976) modificada por WRIGHT *et al.* (1996), utilizando-se microplacas de 96 poços e como padrão o soro-albumina bovina. As concentrações da glomalina, para ambas as frações, foram ajustadas para mg g⁻¹ de solo, considerando-se o volume total de sobrenadante e o peso de amostras de solo secas.

As análises descritas acima foram realizadas no Laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia.

3.6 Análise dos dados

Os dados foram submetidos ao teste de Lilliefors para análise de normalidade e ao teste de Bartlett para averiguar a homogeneidade, em seguida aplicou-se o teste de Tukey a 5%. Os dados para fauna do solo na estação chuvosa não apresentaram nem normalidade nem homogeneidade, sendo transformados ($\log x$) e utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Os referidos testes foram realizados por meio do programa Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2018).

A similaridade da comunidade de fauna do solo foi realizado através do agrupamento de cluster pela similaridade de Jaccard, através do programa Past3.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desenvolvimento das espécies florestais

4.1.1 Sobrevivência e crescimento do conjunto das espécies florestais

A sobrevivência do conjunto das quinze espécies florestais realizada por Miranda *et al.* (2016) aos seis meses após o plantio, ficou acima de 85% nos dois tratamentos, conforme mostrado na Figura 11.

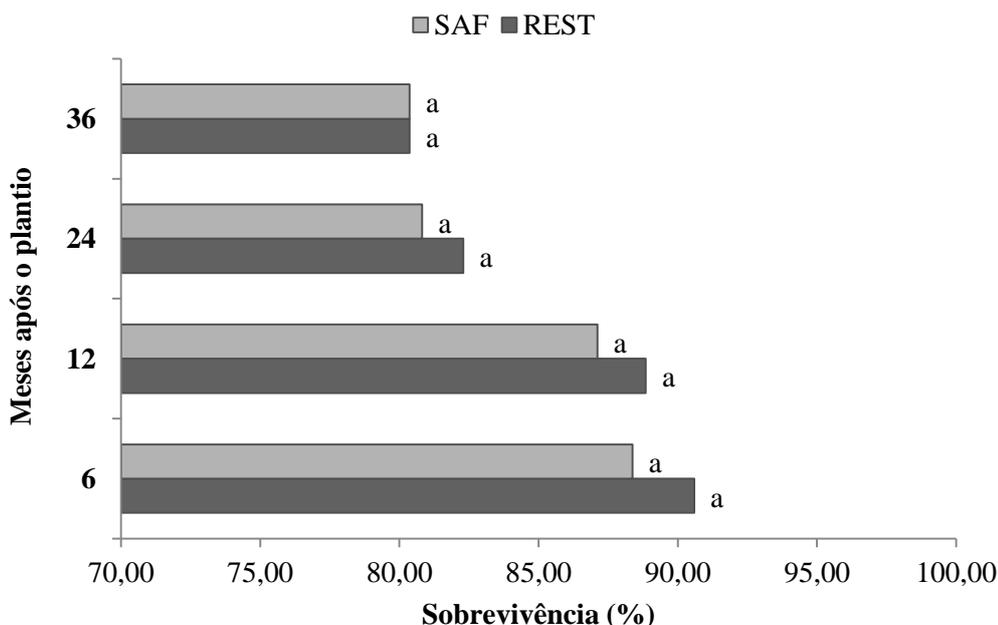


Figura 11. Taxa de sobrevivência média (%) do conjunto de quinze espécies florestais para restauração florestal em área de mata ciliar, município de Pinheiral, RJ. Dados de 6 meses adaptado de Miranda *et al.* (2016). Médias seguidas pela mesma letra, na mesma idade, não diferem pelo teste de Tukey (5%).

Aos 36 meses a sobrevivência média atingiu 80,4% em ambos os tratamentos (Figura 12). A maior competição das espécies florestais por nutrientes, luz e água, ao longo do período avaliado pode explicar tal diminuição.

Diversos estudos apontam que a taxa de sobrevivência considerada adequada, varia entre 80% a 100% considerando as espécies florestais utilizadas e suas características, bem como as condições climáticas e de fertilidade (MARTINOTTO *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2016; OLIVEIRA, 2016).

Oliveira (2018) estudando modelos de SAF taungya e plantio convencional para restauração de mata ciliar no Rio Paraíba do Sul, encontrou valores de sobrevivência média de 73% e 71% respectivamente, após 4 anos de plantio. Segundo o autor, apesar dos modelos não proporcionarem diferença estatística, a sobrevivência média encontrada pode ser considerada elevada, tendo como base valores acima de 60% encontrados em outros trabalhos.

Vaz da Silva (2002) encontrou resultados semelhantes, ao comparar um plantio convencional com dois sistemas agroflorestais sucessionais, para a restauração de mata ciliar do Rio Corumbataí em Piracicaba, SP. Segundo a autora, devido à época de plantio e ao tipo da muda, apenas 3 espécies apresentaram sobrevivência inferior a 80%.

Para os dados de crescimento em altura e diâmetro ao nível do solo o conjunto das quinze espécies florestais não apresentou diferença significativa entre os dois tratamentos. O crescimento similar em ambos os tratamentos foi observado em todas as épocas de avaliação, desde a primeira avaliação aos 6 meses realizada por Miranda *et al* (2016) até os 36 meses após o plantio (Figura 12 e Figura 13).

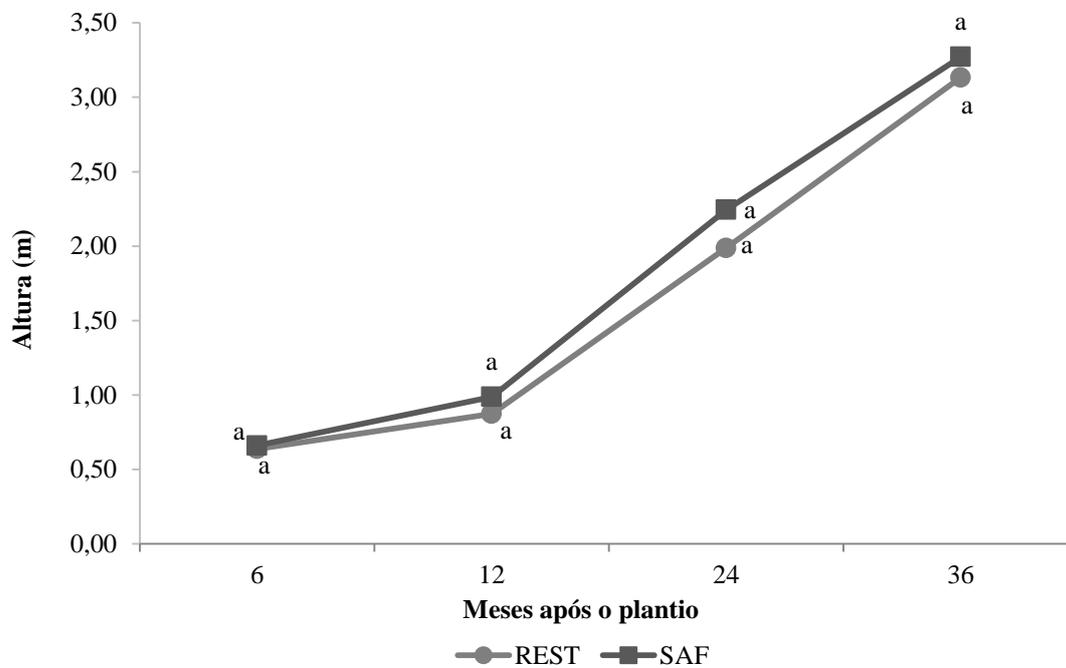


Figura 12. Valores médios para altura aos 6, 12, 24 e 36 meses após o plantio, para o conjunto de quinze espécies florestais, para restauração florestal em área de mata ciliar município de Pinheiral, RJ. Dados de 6 meses adaptado de Miranda *et al.* (2016). SAF= sistema agroflorestal REST= plantio convencional de espécies florestais. Para cada idade, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

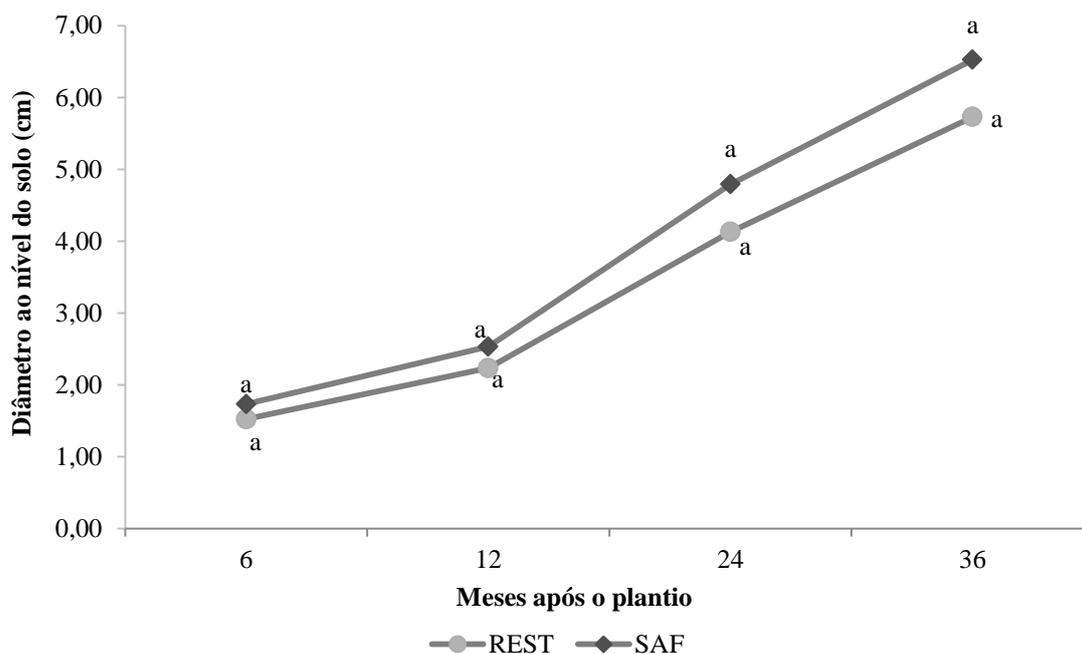


Figura 13. Valores médios para diâmetro ao nível do solo (DNS) aos 6, 12, 24 e 36 meses após o plantio, para o conjunto de quinze espécies florestais, em área restauração florestal em área de mata ciliar, município de Pinheiral, RJ. Dados de 6 meses adaptado de Miranda *et al.* (2016). SAF= sistema agroflorestal REST= plantio convencional de espécies florestais. Para cada idade, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

A combinação adequada de espécies nos sistemas agroflorestais pode contribuir para o melhor crescimento das árvores no sistema, sombreando mais rápido a área e inibindo o crescimento de plantas espontâneas (LELES *et al.*, 2017). Contudo Daronco *et al.* (2012), avaliando o efeito do consórcio das espécies nativas plantadas em espaçamento 3 m x 2 m com uma linha de mandioca, não observaram diferença para os dados de crescimento das espécies florestais, quando em consórcio com mandioca em relação ao plantio sem consórcio, em Cândido Mota, SP.

Oliveira (2018), estudando modelos de SAF com milho e feijão e plantio convencional no município de Itaocara - RJ, não encontrou influência dos sistemas de plantio no incremento relativo em altura e em diâmetro a nível do solo para o conjunto das espécies arbóreas avaliadas, 4 anos após o plantio.

Ao analisar o crescimento em diâmetro do nível do solo (DNS) para o conjunto das espécies florestais, apresentado na Figura 13, observou-se o mesmo padrão de crescimento em altura, não ocorrendo diferença estatística entre os tratamentos nos diferentes períodos avaliados. Normalmente o DNS, é uma variável fortemente influenciada pelo espaçamento do plantio (BALLONI e SIMÕES, 1980; DANIEL *et al.*, 1982). Desse modo, a não influência pode ser justificada visto que o espaçamento não difere nos tratamentos analisados.

Outra variável importante para mensurar o desempenho de um reflorestamento é o desenvolvimento das copas. Segundo Suganuma (2008), o crescimento em diâmetro de copa caracteriza o estabelecimento do povoamento florestal, de modo que a cobertura proporcionada pelas copas das árvores passa a limitar de forma considerável a entrada de luz no sistema, desfavorecendo a população de plantas espontâneas heliófilas. No caso de um sistema agroflorestal sucessional o fechamento das copas determina as culturas a serem implantadas, bem como na maioria dos casos, o seu período de produção.

Aos 24 meses após o plantio, a cobertura do solo pelas copas foi superior a 100% em SAF e REST, não apresentando diferença significativa (Tabela 3).

Tabela 3. Cobertura do solo pela copa em %, segundo o método do grau de cobertura do conjunto das quinze espécies florestais, em diferentes avaliações após o plantio em área de mata ciliar, município de Pinheiral, RJ.

Tratamento	6 meses	12 meses	24 meses	36 meses
	%			
REST	6,00a	11,51a	81,14a	186,01a
SAF	7,46a	16,96a	108,91a	191,87a

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey (5%). SAF= sistema agroflorestal REST= plantio convencional de espécies florestais. Dados de 6 meses adaptado de Miranda *et al.* (2016).

Assim como o DNS e altura, o desenvolvimento da copa do conjunto das espécies florestais não foi influenciado pelo manejo e desenvolvimento das espécies agrícolas em SAF. Segundo Daniel *et al.* (1982) a variável está diretamente relacionada com o espaçamento, em razão da maior disponibilidade de recursos ambientais, principalmente luz para as plantas.

Ao comparar o desenvolvimento das espécies florestais do SAF com o tratamento REST, observou-se que, de maneira geral, as espécies agrícolas não influenciaram o crescimento das espécies florestais nativas ao longo dos 36 meses de plantio. As inúmeras intervenções promovidas no SAF nas entrelinhas das espécies florestais como implantação das espécies agrícolas ou adição de matéria orgânica por meio da adubação, não alterou positivamente nem negativamente o desenvolvimento das nativas. Esta constatação é interessante, quando se considera o sistema agroflorestal em áreas de mata ciliar como uma possibilidade de otimização da área produtiva sem ônus para o crescimento das árvores.

4.1.2 Sobrevivência e crescimento por espécie florestal implantada

Cada espécie tem resposta diferenciada visto a diversidade genética e sua fisiologia de desenvolvimento. Brégula (2009) considera que o conhecimento acerca do crescimento de espécies nativas é de fundamental importância em trabalhos de restauração, pois facilita nas tomadas de decisões demonstrando o potencial de utilização de tais espécies em projetos de implantação de florestas. Em razão disso, são apresentados na Tabela 4, os dados de crescimento (altura, diâmetro a nível do solo e área da copa) e sobrevivência das espécies florestais aos 36 meses após o plantio.

Tabela 4. Valores médios para sobrevivência, altura (H), área da copa (AC) e diâmetro a nível do solo (DNS) aos 36 meses, para cada espécie florestal implantada para restauração florestal em área de mata ciliar, município de Pinheiral - RJ. SAF= sistema agroflorestal REST= plantio convencional de espécies florestais.

	Sobrevivência (%)		H (m)		AC (m ²)		DNS (cm)	
	REST	SAF	REST	SAF	REST	SAF	REST	SAF
Espécies de preenchimento								
Pau-formiga	100	100	4,33a	4,69a	6,26a	8,29a	6,42a	5,05a
Pau-cigarra	100	100	6,89a	7,55a	23,43a	32,31a	13,46a	12,43a
Pau-viola	93,3	93,3	5,71a	4,96a	10,03a	8,23a	8,38a	9,02a
Ingá	93,3	100	4,42a	3,67a	20,84a	15,69a	7,77a	9,11a
Orelha-de-negro	100	100	2,90a	2,93a	4,10a	3,68a	5,83a	4,92a
Grandiúva	73,3	73,3	6,75a	6,49a	26,77a	25,66a	10,80a	11,41a
Camboatá	66,7	50,0	1,10a	1,15a	0,31a	0,45a	1,24a	1,35a
Açoita-cavalo	83,3	83,3	2,37a	2,84a	2,09a	4,05a	5,41a	4,19a
Eritrina-candelabro	66,7	66,7	2,09a	2,28a	3,28a	2,07a	7,76a	5,65a
Ingá-do-brejo	91,7	100	3,83a	3,83a	17,80a	16,63a	8,06a	8,57a
Espécies de diversidade								
Palmito-juçara	8,30	16,7	1,10a	1,20a	0,70a	1,33a	5,50a	2,95a
Jerivá	88,9	88,9	2,04b	3,24a	1,53b	3,10a	5,19b	7,80a
Jenipapo	88,9	88,9	1,32a	1,71a	0,40a	0,54a	2,44a	2,05a
Jabuticaba	88,9	88,9	1,16a	0,97a	0,36a	0,51a	2,20a	1,62a
Guamirim	77,8	55,6	1,13a	1,21a	0,47a	0,27a	3,04a	2,42a

Médias seguidas pela mesma letra, em cada variável (nas linhas), não diferem pelo teste de Tukey (5%).

A partir da análise dos parâmetros dendrométricos (H, Dns, e Ac) é possível observar o desenvolvimento similar para cada espécie florestal avaliada, a exceção do jerivá (*Syagrus romanzoffiana*), entre os dois sistemas de manejos (REST e SAF), ao longo dos três anos após o plantio.

O jerivá (*Syagrus romanzoffiana*), do grupo de diversidade, apresentou alta taxa de sobrevivência (88,9%) e foi a única espécie a apresentar diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 4). As médias para altura foram superiores em SAF (3,24 m) em relação a REST (2,04 m). Pode-se inferir que o manejo de intervenção nas entrelinhas, principalmente pela adubação das espécies agrícolas, influenciou positivamente no crescimento da espécie. De acordo com Carvalho (2003), por ser uma planta de metabolismo bem acelerado durante os primeiros anos de vida, a espécie responde à adubação e irrigação, promovendo um crescimento vertiginoso do estipe até o porte adulto que pode variar de 10-20m (LORENZI, 1992). O jerivá é uma espécie chave para a restauração florestal por ser atrativo à fauna e funcionar como poleiro de dispersores, tanto nas áreas de floresta como em áreas de campos adjacentes, favorecendo a regeneração natural nessas áreas.

Em contrapartida o palmito-juçara (*Euterpe edulis*) foi única a espécie com taxa de sobrevivência inferior a 50% em todo o experimento. O plantio simultâneo entre as espécies do grupo de preenchimento e diversidade não proporcionou condições adequadas para a sobrevivência desta espécie, frente às condições climáticas (forte isolamento e altas temperaturas no verão) encontradas na região nos primeiros anos de implantação do experimento. O palmito-juçara pode ter apresentado menor sobrevivência por se tratar de uma espécie de estágio mais avançado de sucessão e mais exigente ao sombreamento no início de seu desenvolvimento.

As espécies de diversidade apresentaram pouco desenvolvimento nas variáveis de altura, diâmetro a nível do solo e área de copa, como esperado para esse grupo. A jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*), apresentou valores médios de altura (1,16 m; 0,97 m), de diâmetro ao nível do solo (2,20 cm; 1,62 cm) e de área de copa (0,36 m²; 0,51 m²) para REST e SAF respectivamente. Esses resultados correspondem às diferenças ecofisiológicas das espécies de grupos ecológicos distintos, além da influência da cobertura do dossel no estabelecimento das espécies mais tardias do processo sucessional, uma vez que a cobertura de copa na área, possivelmente, não foi suficiente para criar condições favoráveis de intensidade luminosa, temperatura e umidade. Essas características foram observadas para as demais espécies de diversidade guamirim (*Myrcia rostrata*) jenipapo (*Genipa americana*).

No entanto, a jabuticaba e o jenipapo apesar do crescimento lento em altura, se estabeleceram bem na área do plantio, apresentando sobrevivência alta, em torno de 88,9% em ambos tratamentos. Segundo Brégula (2009) a taxa de crescimento inicial em altura das espécies clímax é inferior em relação as espécies pioneiras, porém as espécies dos estágios mais avançados apresentam taxa de crescimento constantes ao longo do tempo. Já para cobertura de copa para jenipapo e guamirim, observou-se em campo herbivoria de suas folhas e ramos o que pode ter redução da área de copa em virtude do ataque de pragas.

Dentre as espécies do grupo de preenchimento, as espécies pau-cigarra (*Senna multijuga*) e grandíuva (*Trema micranta*) apresentaram ótimo desempenho em altura, diâmetro ao nível do solo e área da copa em ambos os tratamentos. Para Marco *et al.* (2017) o pau-cigarra é considerada uma espécie rústica, indicada para recuperação de solos degradados e contaminados por mineração, apresentando um rápido crescimento. Santos (2016), analisando espécies florestais em reflorestamento sob diversos tipos de manejo de matocompetição em Bom Jardim RJ, encontrou resultados semelhantes para o crescimento da espécie. Segundo o autor, o pau-cigarra, apresentou melhores resultados quando em consórcio com leguminosas herbáceo-arbustivas, sendo sensível ao manejo da braquiária. Além do bom crescimento, a espécie pau-cigarra apresentou sobrevivência de 100%, constituindo uma

espécie fortemente indicada para plantios de recomposição florestal, principalmente pelo rápido crescimento em altura e recobrimento de copa.

A grandiúva (*Trema micranta*) também teve crescimento considerável, apresentando aos 36 meses, média em altura superior a 6 m e a área média da copa projetada de 26,77 m² em REST superior aos 22,56 m² obtidos por Stolarski *et al.* (2018) para um grupo de espécies pioneiras aos 3,5 anos em Dois Vizinhos, PR. Espécie de rápido crescimento sombreadora e atrativa de avifauna é intensivamente plantada em projetos de restauração da Mata Atlântica.

As espécies de ingás implantadas apresentaram ampla cobertura de copa, tendo média de 18,26 m² para ingá (*Inga uruguensis*) e 17,2 m² para ingá-do-brejo (*Inga laurina*) e índice de sobrevivência superior a 90%. Essas espécies apresentam área de copa densa e ramificada próxima ao solo que proporcionou considerável cobertura do solo, nos dois tratamentos. Segundo Carvalho (2003), as espécies do gênero *Inga* apresentam crescimento simpodial e boa área de copa, principalmente em espaçamentos mais amplos, com bom desenvolvimento em áreas de várzea e de mata ciliar.

O pau-formiga (*Triplaris americana*) apresentou crescimento em altura de cerca de 4,5 m aos 36 meses, porém a espécie tem crescimento simpodial, com menor desenvolvimento de copa, assim como indivíduos de Açoita-cavalo (*Luehea divaricata*).

As plantas de pau-viola (*Cytharexylum myrianthum*), apresentaram alta taxa de sobrevivência nas unidades experimentais (93,3%). Segundo Carvalho (2003), esta é uma espécie muito frequente em áreas úmidas e planas, o que pode explicar a adaptação à área do experimento. Muitos indivíduos dessa espécie secavam e perdiam as folhas na estação seca, rebrotando no verão, o que ocasionou uma variação nos dados dendrométricos.

A espécie orelha-de-negro (*Enterolobium contortisiliquum*) se adaptou muito bem as condições edafoclimáticas do experimento, apresentando sobrevivência de 100% em ambos os tratamentos. Observou-se no campo ataque de formigas e percevejos em suas folhas, o que pode ter ocasionado variação para os dados de altura e área da copa. Porém as médias para altura (2,90 m) foram próximas as encontrados por Santos (2016) (3,2 m) em plantio consorciado com leguminosas arbóreas após 30 meses, em Bom Jardim, RJ

Eritrina-candelabro (*Erythrina speciosa*) apesar de ser uma espécie adaptada a áreas úmidas, apresentou uma baixa sobrevivência, cerca de 66,7% em ambos os tratamentos. Segundo Carvalho (2003) a espécie considerada florífera decídua alcança maturidade em cerca de 18 meses. No entanto, observou-se em campo um florescimento prematuro da espécie logo no primeiro ano, o que pode ter alterado seu desempenho em altura e área da copa. Porém os resultados elevados para DNS em torno de 7,76 cm para REST e 5,65 cm para SAF, justificam o vigor das plantas remanescentes.

O camboatá (*Cupania oblongifolia*) foi a espécie do grupo de preenchimento com menor desempenho, tanto em sobrevivência como nos parâmetros dendrométricos para ambos os tratamentos. Segundo Miranda *et al* (2016) essa baixa sobrevivência pode estar associada à qualidade da muda e condições edafoclimáticas iniciais no plantio, uma vez que o maior número de mortes dessa espécie ocorreu nos 6 primeiros meses. De acordo com Lorenzi (1992), a espécie se desenvolve em solos argilosos férteis e bem drenados, características distintas da área onde foi implantada, o que pode justificar o baixo desempenho .

4.2 Efeito do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) no controle de plantas espontâneas

A análise da composição florística realizada em ambos os tratamentos aos 100 dias após a semeadura do feijão-de-porco, revelou a ocorrência de plantas pertencentes a sete famílias botânicas, 25 gêneros e 30 espécies na área experimental (Tabela 05).

Tabela 5. Distribuição das plantas espontâneas por família, espécie, origem, potencial de infestação e número de indivíduos (N) coletadas em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ. SAF= sistema agroflorestal; REST= plantio convencional de espécies florestais.

Família	Espécie	Origem	Potencial de infestação	(N)	
				SAF	REST
ASTERACEAE	<i>Ageratum conyzoides</i> L	Nativa	Alto	17	3
	<i>Galinsoga ciliata</i> (Raf.) Blake	Nativa	Médio	1	-
	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Nativa	Médio	8	-
	<i>Senecio brasilienses</i> Less	Nativa	Médio	2	-
	<i>Mikania</i> sp	Nativa	Médio	15	4
COMMELINACEAE	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	Nativa	Médio	2	-
	<i>Tripogandra diuretica</i> (Mart.) Handlos	Nativa	Médio	32	5
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea cairica</i> (L) Sweet	Nativa	Médio	1	4
	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	Nativa	Alto	1	3
	<i>Ipomoea ramosissima</i> (Poir.) Choisy	Nativa	Médio	1	-
CYPERACEAE	<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz.	Nativa	Médio	7	2
	<i>Cyperus meyenianus</i> Kunth.	Nativa	Médio	67	20
	<i>Scleria melaleuca</i> Presl	Nativa	Alto	92	9
FABACEAE	<i>Mimosa pudica</i> L.	Nativa	Médio	5	3
	<i>Senna obtusifolia</i> (L.)	Nativa	Alto	1	-
PHYLLANTHACEAE	<i>Phyllanthus niruri</i> L	Nativa	Baixo	8	5
POACEAE	<i>Panicum maximum</i> Jacq	Exótica (Naturalizada)	Muito alto	36	44
	<i>Paspalum conspersum</i> Schrad	Nativa	Alto	25	8
	<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach.	Exótica (Naturalizada)	Muito alto	14	15
	Poaceae indet	Exótica (Naturalizada)	-	47	2
	<i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk	Exótica (Naturalizada)	Muito alto	32	16
	<i>Urochloa mutica</i>	Exótica (Naturalizada)	Alto		6
	<i>Rottboelia exaltata</i> L. f.	Exótica (Naturalizada)	Muito alto	9	1
-	Morfotipo 1	-	-	1	-
	Morfotipo 2	-	-	-	1
	Morfotipo 3	-	-	1	-

Foram identificadas 24 espécies botânicas para o tratamento SAF (com feijão-de-porco) e 18 espécies botânicas para o tratamento REST (tratamento controle), distribuídas da seguinte forma: duas espécies com ocorrência somente no tratamento REST, 11 espécies somente no SAF, incluindo a espécie implantada (feijão-de-porco) e 16 espécies em ambos os tratamentos.

As famílias Poaceae e Asteraceae apresentaram maior número de espécies, com sete e cinco espécies, respectivamente; as famílias Cyperaceae e Convolvulaceae apresentaram três espécies, já para Commelinaceae e Fabaceae observou-se apenas duas espécies e Phyllantaceae foi identificada somente uma espécie.

De acordo com Sousa *et al.*, (2003) a alta frequência de espécies de gramíneas (Poaceae) se justifica pelo alto potencial de infestação e agressividade (LORENZI, 2008; SARTORELLI *et al.*, 2018) associada a maior capacidade na exploração dos fatores de produção do solo, utilizando-os com maior eficiência. Essas espécies em sua maioria exóticas, apresentam elevada agressividade competitiva, dominando totalmente o ambiente que invadem, reduzindo o banco de sementes do solo e, gradativamente, substituindo as espécies presentes (LORENZI, 2008).

A baixa frequência das espécies herbáceas, principalmente da família Asteraceae e Commelinaceae em REST pode ser justificada pela sensibilidade dessas espécies a competição de luz e recursos promovida pelas gramíneas exóticas invasoras de grande porte, principalmente *Panicum maximum* (capim colônio) e *Pennisetum purpureum* (capim elefante). Observou-se em campo, que essas espécies de rápido crescimento e de alto potencial de infestação formaram grandes touceiras, impossibilitando o estabelecimento de espécies de menor porte na superfície do solo.

A presença do feijão-de-porco em SAF, propiciou melhores condições para a diversidade das espécies espontâneas, porém esse maior número de espécies não se refletiu no percentual total de cobertura. Para o percentual de ocupação das plantas espontâneas observa-se que REST foi estatisticamente superior (97,1%) que SAF (45,3%) (Tabela 6).

Tabela 6. Cobertura de plantas espontâneas (%), riqueza (número de espécies) e índices diversidade e equitabilidade em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.

Tratamento	Cobertura (%)	Riqueza	Diversidade H' (Shannon)	Equitabilidade (Pielou)
SAF	45,3 b	15,67a	2,16	0,79
REST	97,1a	8,33b	0,97	0,43

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5%. SAF= sistema agroflorestal REST= plantio convencional de espécies florestais.

Alvino Rayol *et al.* (2011) analisando o uso de leguminosas de cobertura feijão guandu (*Cajanus cajan*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e diferentes espaçamentos no controle da matocompetição em plantio de Paricá (*Schizolobium amazonicum*), verificaram que após 90 dias de semeadura das leguminosas, o tratamento com feijão-de-porco proporcionou o menor índice de cobertura por espécies espontâneas. Entretanto, diferentemente desse estudo, a riqueza média de espécies no tratamento controle foi superior (7,00) em comparação com o tratamento com feijão-de-porco (2,66).

Com relação à diversidade espacial ou heterogeneidade, expressa pelo índice de Shannon, a média dos tratamentos apresentou valores superiores para SAF (Tabela 6).

A diversidade de Shannon pode ser considerada alta quando está acima de 3, média entre 2 e 3, baixa entre 1 e 2 e muito baixa quando menor que 1 (ODUM, 1988). os valores

médios de diversidade encontrados no presente trabalho foram de médio (2,16 para SAF) a muito baixo (0,97 para REST).

A equitabilidade, que expressa o grau de distribuição das espécies dentro de uma comunidade, avaliada pelo índice de Pielou, também foi superior em SAF no período avaliado. A equitabilidade varia entre 0 e 1, e é considerada alta quando maior que 0,5. Um baixo valor de equitabilidade significa que existe a dominância de uma ou mais espécies, enquanto equitabilidade alta demonstra que os indivíduos encontram-se bem distribuídos na comunidade estudada (ODUM, 1998). Os valores médios de equitabilidade encontrados no presente trabalho foram alto para SAF (0,79) enquanto para REST baixo (0,43).

Apesar de ter apresentando maior diversidade de espécies espontâneas herbáceas não foi observada maior biomassa em relação ao tratamento controle (REST) como visto na Figura 14. Os valores para a biomassa da matéria seca da vegetação espontânea no tratamento REST apresentou valor médio 3351 ± 103 g/m² e no tratamento SAF de $1572 \pm$ g/m².

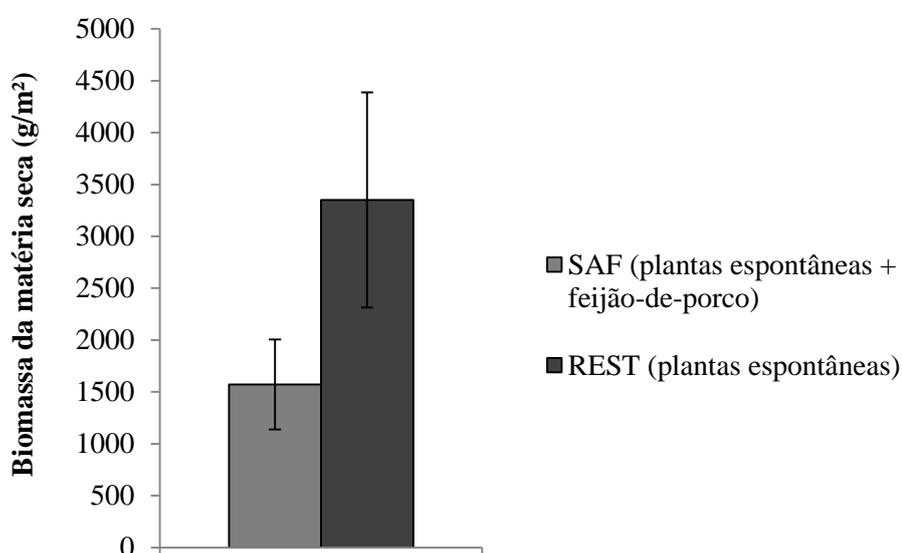


Figura 14. Peso da matéria seca de plantas espontâneas e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) em áreas de restauração de mata ciliar em Pinheiral, RJ. SAF= sistema agroflorestal REST= plantio convencional de espécies florestais.

Em SAF grande parte das espécies espontâneas, principalmente da família Asteraceae, Convulvalaceae, Commelinaceae e Cyperaceae, competem pouco com as espécies arbóreas, são de menor porte e menor área foliar e conseqüentemente de menor biomassa vegetal. Segundo Leles *et al.* (2017) são espécies nativas mais facilmente controladas e de potencial de infestação médio, diferentemente das espécies exóticas de gramíneas mais agressivas e com com potencial muito alto de infestação e competições com as espécies arbóreas.

No tratamento REST o valor da biomassa foi influenciado principalmente pelas espécies gramíneas como capim colônio (*Panicum maximun*) e capim elefante (*Pennisetum purpureum*) que apresentam alto valor de biomassa vegetal, em razão principalmente do colmo espesso e altura dessas plantas. Segundo Marengo e Lopes (2005) essas espécies por pertencerem ao grupo das plantas C4 apresentam elevada capacidade fotossintética líquida e, conseqüentemente, alta produção de matéria seca.

Do ponto de vista agroecológico, a utilização de adubos verdes como o feijão-de-porco, proporciona ganhos em termos de nutrientes para espécies florestais e para as espécies agrícolas a serem sucedidas no SAF, através da fixação biológica de nitrogênio e entrada de matéria orgânica e mesmo após o corte através da formação de cobertura morta sobre o solo.

Concomitantemente, esta constitui uma prática alternativa no manejo integrado de plantas espontâneas, sendo opção factível ao pequeno produtor, em substituição a defensivos químicos, de modo que possa ser replicado em sua propriedade rural, sem qualquer dúvida de ônus ambiental ou à sua saúde.

4.3 Caracterização dos custos e receitas

Os custos de implantação e manutenção das espécies florestais em REST foram de R\$ 20717,00 por hectare até os 36 meses (Tabela 7) Já para SAF os custos relacionados a implantação e as operações de manutenção das espécies arbóreas e cultivos das espécies agrícolas (insumos e mão de obra), foram de 38444,00 por hectare até os 36 meses (Tabela 8).

Tabela 7. Custos de implantação e manutenção das espécies florestais por hectare até 36 meses, em plantio para restauração florestal (REST) em área de mata ciliar no município de Pinheiral, RJ.

Variáveis	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Total(R\$)
REST				
Iscas formicidas	pac. 1/2 kg / ha	3	5,80	17,40
Roçada em área total	Hora.trator	1	20,00	20,00
Coveamento/Adubação/ Plantio/Replanteio	Homem.dia	3,5	80,00	280,00
Mudas espécies florestais		203	2,10	426,30
Coroamento	Homem.dia	1,6	80,00	128,00
Roçada entrelinhas (roçadeira)	Homem.dia/roçadeira	9	120,00	1080,00
Abertura de drenagem	Homem.dia	1,5	80,00	120,00
Total (0,1 ha)			R\$	2071,70
Total (ha)			R\$	20717,00

Tabela 8. Custos de implantação e manutenção das espécies florestais e agrícolas por hectare, até os 36 meses em sistema agroflorestal para restauração florestal (SAF), área de mata ciliar no município de Pinheiral, RJ.

Variáveis	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Total(R\$)
SAF				
Iscas formicidas	pac. 1/2 kg / ha	3	5,80	17,40
Roçada em área total	Hora.trator	1	20,00	20,00
Coveamento/Adubação/ Plantio/Replântio	Homem.dia	3,5	80,00	280,00
Mudas espécies florestais		203	2,10	426,30
Coroamento	Homem.dia	1,6	80,00	128,00
Roçada entrelinhas (roçadeira)	Homem.dia/roçadeira	8	120,00	960,00
Abertura de drenagem	Homem.dia	1,5	80,00	120,00
Inhame para plantio + replântio	kg	75	1,50	112,50
Sementes feijão-de porco	kg	30	14,34	430,20
Taioba	rizomas	500	0,30	150,00
Plantio espécies agrícolas e manutenções (capinas)	homem.dia	15	80,00	1200,00
Total (0,1 ha)			R\$	3844,40
Total (ha)			R\$	38444,00

Nota: Período avaliado entre Dezembro de 2015 e Dezembro de 2018.

Nos primeiros 12 meses, os custos relacionados durante a implantação do reflorestamento envolvendo os custos de limpeza da área, preparo do solo, coveamento, plantio e replântio foram responsáveis pelos elevados custos iniciais. Não foram incluídos custos de aceiros (não necessitou), abertura de estradas (já existiam), cercas e outros itens que não foram necessários.

A partir do primeiro ano, há uma redução natural nos custos envolvendo as operações de manutenção através de roçadas, que passaram a ter frequência bimestral. Segundo Resende e Leles (2017), até o terceiro ano após o início da restauração florestal, os custos do plantio de mudas são consideravelmente elevados, podendo variar de acordo com as condições de cada área, do relevo e do manejo adotado no controle da matocompetição.

Na restauração florestal através de sistemas agroflorestais o manejo particular das entrelinhas demanda mão de obra mais frequente e insumos das espécies agrícolas, podendo apresentar custos mais elevados e por maior espaço de tempo quando comparados às demais técnicas de restauração (OLIVEIRA, 2016). Todavia, a possibilidade de cultivo de espécies agrícolas em consórcio com espécies florestais nativas torna a restauração florestal uma atividade mais atrativa para o produtor rural por maximizar sua área de produção, além de gerar perspectivas de renda a partir de produtos agrícolas e/ou pelo controle de plantas espontâneas (LELES *et al.*, 2017), assim como a possibilidade de utilização de mão de obra

familiar. Segundo Arco-Verde (2008), o uso de mão de obra familiar representa uma grande oportunidade para redução dos custos de implantação e manutenção desses sistemas. Desse modo, sob ótica da agricultura familiar na região do Médio Paraíba do Sul, os custos para as atividades do SAF podem ser diluídos ou minorados com o emprego de mão de obra familiar.

No que diz respeito às receitas, o cultivo do inhame apresentou produtividade de 745,06 kg por hectare, relativa ao replantio realizado em novembro de 2016 (segundo plantio). Considerando um valor de mercado cotado em R\$3,00 por quilograma na época da colheita (CEASA RJ, 2016) obteve-se a receita aproximada de R\$ 1810,50. Devido à condição especial de seca no primeiro plantio realizado em Fevereiro de 2016 a produção foi muito afetada inviabilizando a produção nesse período.

Do mesmo modo, a cultura da taioba não apresentou receita nesse período, a espécie implantada em Junho de 2018 não prosperou. As plantas que sobreviveram não apresentaram estrutura de arranjo de folhas, ficando em estágio vegetativo e impossibilitando a colheita a tempo hábil para análise nesse estudo. Nesse caso, é possível simular um cenário para estimativas de renda dessa cultura. A partir da análise em campo e segundo Botrel (2017) considerando uma mortalidade de 30%, pode-se estimar uma produção de aproximadamente 160 maços de folhas na área de SAF. De acordo com Ceasa (2018), o valor médio de um maço de 3 a 5 folhas grandes é de cerca de R\$ 1,00 o que pode representar rendimentos de aproximadamente R\$ 1600,00 por hectare. Ainda segundo Botrel (2017) as plantas de taioba tendem a permanecer na área possibilitando sucessivas coletas das folhas tanto para comercialização quanto para alimentação familiar.

Considerando esse cenário e os imprevistos da produção do inhame no primeiro ciclo, a amortização dos custos totais da restauração em SAF nesse estudo, correspondeu a 10,08% (36 meses após o plantio).

Oliveira (2018) em estudo similar comparando área de restauração de plantio convencional com SAF taungya (com mandioca, feijão e pimenta-biquinho) obteve 23% e 38% da amortização dos custos totais, considerando os cenários analisados após 48 meses da implantação. Em outros trabalhos, envolvendo plantio convencional de espécies florestais e através de SAF's, a amortização dos custos de implantação e manutenção desse sistema variou de 9% até 32% (DARONCO *et al.*, 2012; MEDEIROS *et al.*, 2015).

Vale ressaltar que para as espécies agrícolas, a irrigação foi utilizada somente no plantio diferentemente dos trabalhos citados (OLIVEIRA, 2018; DARONCO *et al.*, 2012; MEDEIROS *et al.*, 2015). Esse fator pode ter influenciado o desempenho das culturas implantadas e conseqüentemente as receitas alcançadas para esse modelo e no período analisado. Todavia, outras possibilidades de renda poderão se suceder ao longo do tempo com o sistema agroflorestal.

O uso de sistemas agroflorestais aliados à restauração florestal contribui para o aumento da renda de produtores rurais em curto, médio e longo prazos. De acordo com Radomski *et al.* (2014), os SAF's integram a ideia de diversidade de produção, agregando a produção através de produtos florestais não madeireiros e o plantio de espécies agrícolas usualmente cultivadas pelos produtores rurais. Dentre as espécies que possibilitam a obtenção de produtos não madeireiros no presente estudo, destacam-se a jabuticabeira, o jenipapo e jerivá para a produção de frutos, além da possível utilização das espécies melíferas para plantel de apicultura. Essas espécies são capazes de fomentar uma produção mais diversa e rentável a médio-longo prazo além de proporcionar alimento e atração da fauna silvestre.

4.4 Indicadores biológicos do solo

4.4.1 Fauna epígea

Para a composição total, na primeira amostragem realizada em março de 2017 (estação chuvosa) em todos os tratamentos foram contabilizados 97748 indivíduos. Desse total, 8% encontravam-se em FSI (floresta secundária inicial), 27% em SAF (sistema agroflorestal), 35% em REST (plantio convencional de espécies florestais) e 30% em PAST (pastagem). Em agosto do mesmo ano (estação seca), dos 1140 indivíduos quantificados, 47% ocorreram em FSI, 18% em SAF, 17% em REST e 18% em PAST.

Ao todo foram identificados 27 grupos taxonômicos distintos da fauna epígea. Indivíduos das ordens Coleoptera, Diptera, Lepidoptera e Neuroptera foram distinguidos entre os indivíduos no estágio de larvas dos adultos. De acordo com Odum (1988) as diferentes formas de vida podem, em muitos casos, ocupar distintos nichos e habitats, contribuindo dessa forma para a variedade e diversidade do ecossistema.

4.4.1.1 Abundância, riqueza e composição das espécies da fauna epígea

Na estação chuvosa, a abundância de indivíduos (Tabela 9), expressa em indivíduos capturados por armadilha.dia⁻¹, foi significativamente diferente entre as áreas.

Tabela 9. Abundância da fauna epígea (Ind.arm.dia⁻¹), riqueza e índices de Shannon e Pielou. Estação chuvosa. FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.

Tratamento	Ind.arm.dia ⁻¹ (± Erro padrão)	Riqueza média	Riqueza total	Índice de Shannon	Índice de Pielou
FSI	102,76±31,81b	8,00a	22	1,11	0,25
PAST	1027,31±329,16a	7,75a	15	0,21	0,05
SAF	607,88±198,25a	11,17a	21	0,23	0,05
REST	517,10±113,93a	8,56a	17	0,39	0,10

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Kruskal-Wallis a 5%

Os tratamentos SAF, REST e PAST apresentaram substancialmente maior atividade da fauna epígea do que FSI, essa diferença pode ser explicada pela grande abundância de colêmbolos, especialmente da subordem Poduromorpha. Segundo Martins (2009) esse grupo responde em curto prazo ao aporte de matéria orgânica do solo e alteração na superfície. A dominância de Poduromorpha explica os baixos índices de equabilidade de Pielou em todos os tratamentos (Tabela 9), demonstrando baixa uniformidade entre os grupos da fauna em cada tratamento.

Para a composição das espécies, a fauna epígea encontrada foi distribuída em 26 grupos taxonômicos na estação chuvosa. O táxon mais abundante foi Poduromorpha, em razão de apresentarem muitos indivíduos este grupo foi excluído para a composição relativa (Figura 16) para não dificultar a análise dos demais grupos.

Os grupos que apresentaram abundância inferior a 2% do total de indivíduos de cada local foram classificados como “outros”, tanto na época chuvosa quanto na época seca.

Nos tratamentos REST, SAF e PAST houve predomínio de Formicidae enquanto FSI os colêmbolos da subordem Entomobryomorpha tiveram destaque (Figura 15).

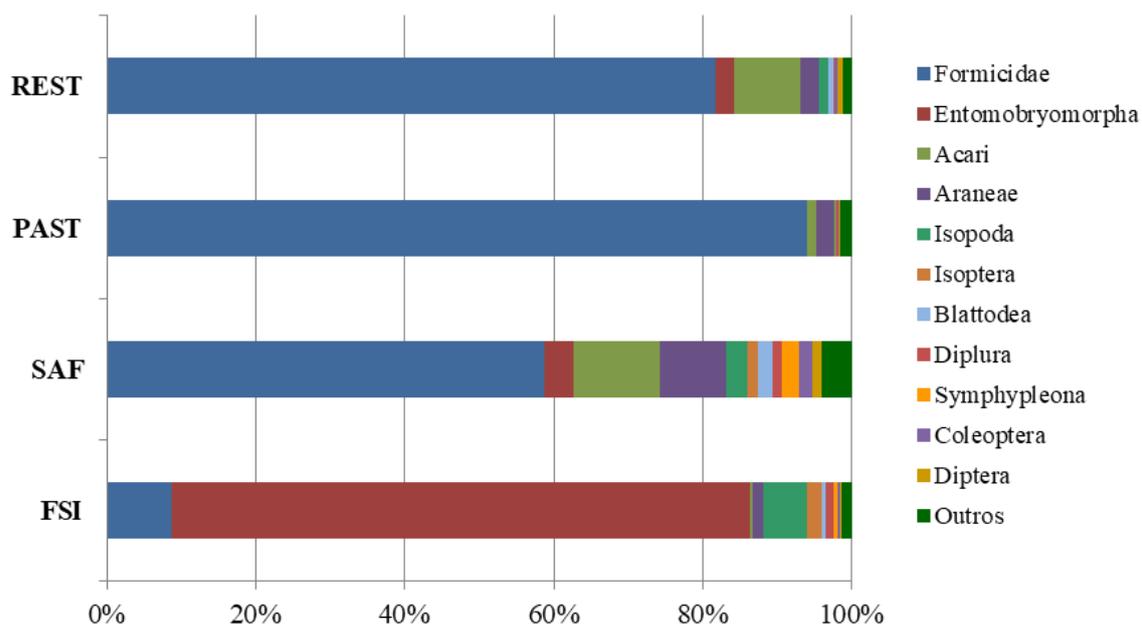


Figura 15. Composição relativa dos grupos da fauna do solo epigea (%) na estação chuvosa. FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.

Na estação seca, a abundância expressa em indivíduos capturados por armadilha.dia⁻¹ (Tabela 10) não apresentou diferença significativa entre as áreas. A maior abundância encontrada foi de 8 ± 3 em FSI e a menor $3,0 \pm 0,3$ em REST, valores substancialmente inferiores se comparado ao encontrado na época chuvosa (Tabela 9).

Tabela 10 Abundância da fauna epigea (Ind.arm.dia⁻¹), riqueza e índices de Shannon e Pielou. Estação seca. FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional espécies florestais.

Tratamento	Ind.arm.dia ⁻¹ (\pm Erro padrão)	Riqueza média	Riqueza total	Índice de Shannon	Índice de Pielou
FSI	$8,5 \pm 3,5a$	7,33a	21	1,84	0,44
PAST	$3,4 \pm 0,5a$	6,78a	20	3,14	0,73
SAF	$3,4 \pm 0,6a$	6,56a	18	3,03	0,73
REST	$3,0 \pm 0,3a$	7,67a	18	3,41	0,78

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

A influência da sazonalidade na comunidade da fauna em florestas e agroecossistemas tem sido estudada por diversos autores, como MOÇO *et al.* (2005), GOMES *et al.* (2007) e CALVI *et al.* (2010). Esses autores constataram que as variações na comunidade da fauna, entre as épocas, períodos ou meses de amostragem, foram atribuídas principalmente aos valores de precipitação, que foram verificados em maiores expressões no período chuvoso (verão). Segundo Lavelle e Spain (2001), a temperatura comanda a atividade metabólica dos organismos edáficos e, em conjunto com a umidade, determina a intensidade e a distribuição dos períodos de maior atividade. No presente estudo, a primeira coleta foi realizada no final da estação chuvosa (março de 2018) mês que apresentou altos índices pluviométricos (Figura 11), esse fato pode justificar a diferença dos valores de abundância (atividade da fauna) entre as estações.

Quanto ao índice de diversidade de Shannon na estação seca, FSI apresentou o menor valor em razão da alta abundância de indivíduos de Formicidae, que por sua vez, influenciou no índice de equabilidade de Pielou para esse tratamento. Já para riqueza média não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 10).

Os tratamentos SAF, REST e PAST apresentaram os maiores valores do índice de Pielou, o que demonstra uma distribuição mais equitativa, refletindo uma menor dominância de grupos. Em relação à época chuvosa, houve uma diminuição da dominância de grupos que refletiu no aumento da equabilidade na época seca. Lima (2008) analisando diferentes SAF's e floresta nativa no estado do Piauí, encontrou resultados com o mesmo padrão de semelhança.

Para a composição das espécies, a fauna epígea encontrada foi distribuída em 24 grupos taxonômicos na estação seca. Os táxons mais abundantes foram Formicidae (48,4%) e Entomobryomorpha (12,7%) (Figura 16). Em FSI, REST e SAF houve predomínio de Formicidae com 69%, 34% e 31% respectivamente, enquanto em PAST os grupos Formicidae e Entomobryomorpha alcançaram 26% cada. Em SAF o grupo Isopoda teve representação de 25% do total de indivíduos amostrados na área.

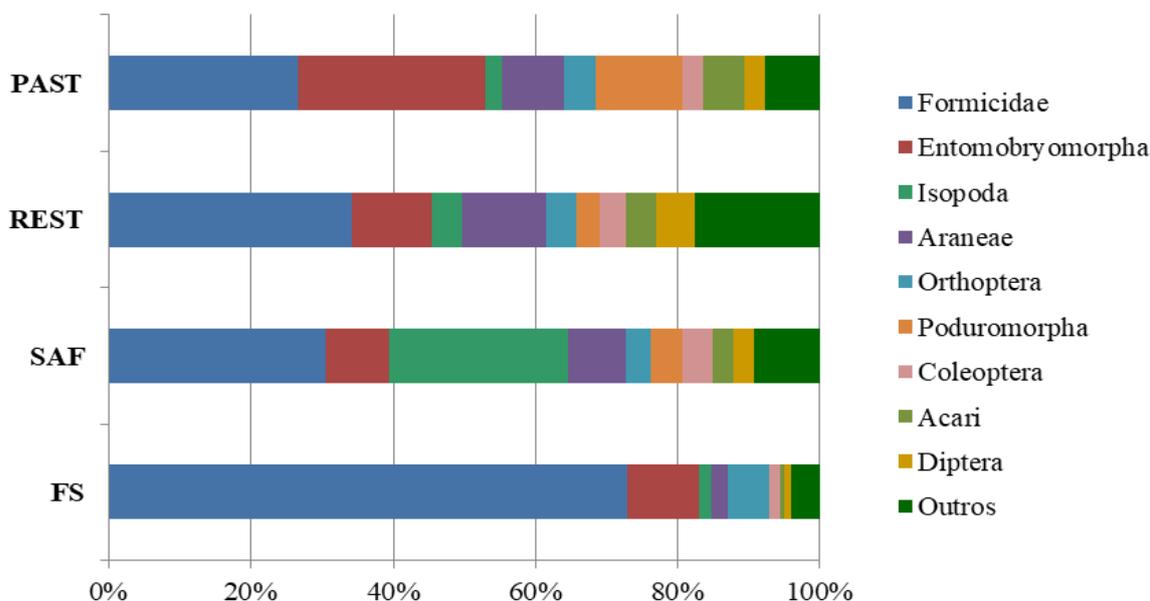


Figura 16. Composição relativa dos grupos da fauna epígea (%) na estação seca. FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies de florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.

As formigas apresentaram alta proporção de indivíduos em todos os locais nas diferentes estações. De acordo com Silva *et al.* (2006) no caso de formigas uma ou poucas espécies podem predominar no local em razão da fácil adaptação desse grupo às condições do ambiente. Na triagem no laboratório observou-se que, nas amostras em que as formigas eram predominantes com muitos indivíduos, as outras espécies eram encontradas em menor densidade.

4.4.1.2 Análises multivariadas

Quanto ao grau de similaridade dos grupos da fauna epígea, a análise de cada armadilha por área amostral revelou que na estação chuvosa REST e SAF apresentaram um grau de similaridade de 79%, enquanto PAST apresentou 72% de similaridade em relação às

duas áreas (Figura 17A). Já na estação seca a coleta realizada em agosto de 2018 (32 meses da implantação) SAF e FSI apresentaram uma similaridade de 80%, já para REST e PAST a similaridade foi de 70% (Figura 17 B).

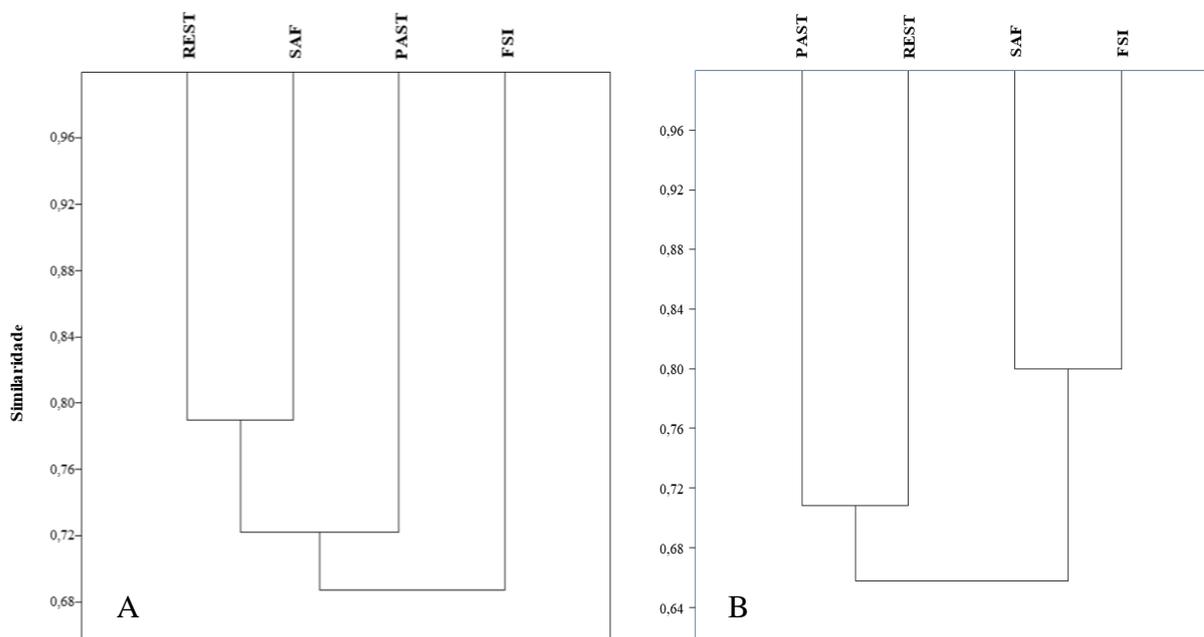


Figura 17. Dendrograma apresentando a distância de ligação referente aos organismos de cada área em relação ao grau de similaridade (Jaccard) na estação chuvosa (A) e na estação seca (B). FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.

Observa-se a aproximação das áreas intervenção (REST e SAF) na estação chuvosa sendo que a área FSI se manteve mais distante. Isso pode ser explicado principalmente pela abundância (Ind.arm.dia^{-1}) de FSI (Tabela 9) substancialmente inferior que nas demais áreas.

Na estação seca o agrupamento dos tratamentos SAF e FSI, indica uma tendência de de aproximação da área natural (FSI) com a área com manejo diferenciado (SAF) para a comunidade da fauna epígea, sobretudo pela influência no processo de restauração dos componentes bióticos, sobretudo no solo proporcionado pela adição de matéria orgânica, adubação verde e ocupação das espécies agrícolas na área do sistema agroflorestal

A análise dos componentes principais relaciona quais os grupos da fauna epígea contribuíram para a separação das áreas nas diferentes estações (Figura 18A e 18B).

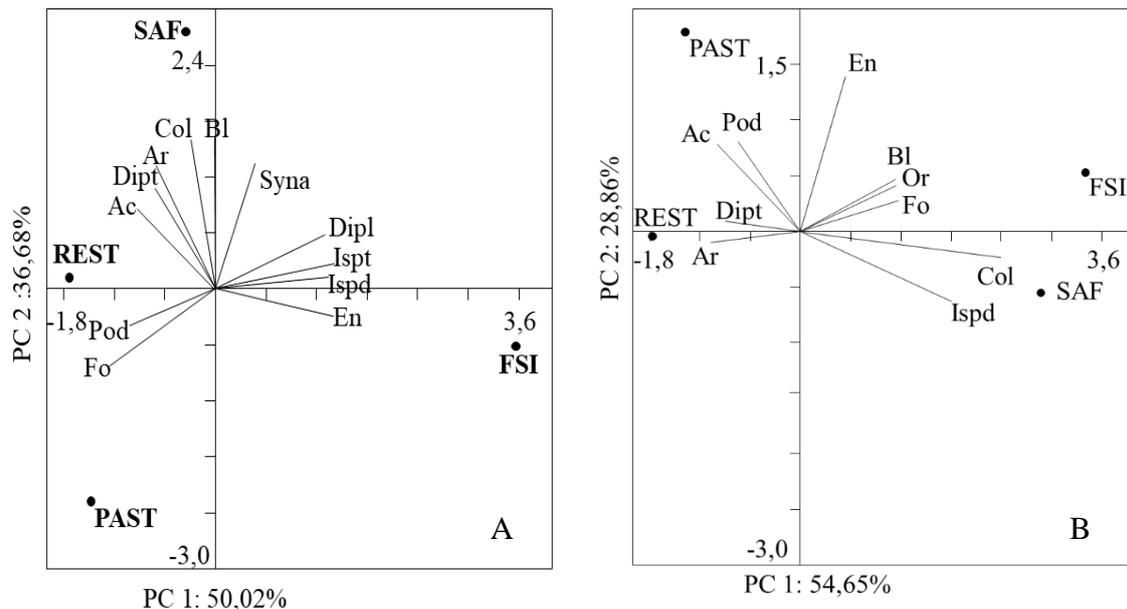


Figura 18. Representação gráfica da análise de correspondência entre áreas de estudo e os principais grupos de organismos da fauna epígea na estação chuvosa (A) e na estação seca (B). Legenda: Acari (Ac), Araneae (Ar), Blattodea (Bl), Coleoptera (Col), Diplopoda (Dipl), Diptera (Dipt), Entomobryomorpha (En), Formicidae (Fo), Isopoda (Ispd), Isoptera (Ispt), Poduromorpha (Pod), Or (Orthoptera) Symphyleona (Syna). FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.

As análises de componentes principais integrando a comunidade da fauna epígea indicaram uma separação entre as quatro áreas de estudo através da relação entre componente principal 1 (PC 1) e componente principal 2 (PC 2) na estação chuvosa (Figura 19A) e seca (Figura 19B). Na época chuvosa, o eixo 1 (PC 1) explicou 50,02% da variabilidade dos dados enquanto o eixo 2 (PC 2) explicou 36,68%, já na época seca, o eixo 1 (PC 1) explicou 54,65% (Figura 19A) e o eixo 2 (PC 2) explicou 28,86% (Figura 19B).

A existência de quatro grupos distintos foi observado ao longo do eixo 1 (eixo principal) em ambas as estações (Figura 19A e 19B) a área de floresta sempre à direita em ambas as estações. À esquerda a área de pastagem (quadrante inferior na estação chuvosa e quadrante superior na estação seca) e a área REST com pouca variação em relação ao Eixo 2 nos diferentes períodos. A área de SAF se apresentou à esquerda (quadrante superior) na estação chuvosa e à direita na estação seca (quadrante inferior)

Na estação chuvosa, os grupos Acari, Araneae, Coleoptera, Diptera e Blattodea estavam mais associados à área REST e SAF. Nesta época, Poduromorpha e Formicidae estiveram mais intimamente associados com a área de pastagem, em razão principalmente da baixa predação desses organismos no ambiente mais hostil, composto principalmente de gramíneas exóticas mais agressivas como capim colônia (*Panicum maximum*), promovendo o distanciamento dessa área em relação as demais. Já os grupos Entomobryomorpha, Isopoda, Isoptera, Diplopoda, organismos mais intimamente ligados com a dinâmica da serrapilheira foram mais associados a área de floresta.

Na estação seca os grupos foram mais dispersos nas diferentes áreas em razão do menor efeito da umidade e temperatura nas diferentes áreas quando comparado a época chuvosa de grande variação climática. Os indivíduos de Poduromorpha, Acari e Diptera contribuíram para a aproximação das áreas de pastagem e REST. Os demais grupos estiveram mais associados às áreas de floresta e SAF contribuindo para uma aproximação dessas áreas,

o que pode indicar uma maior contribuição das intervenções de SAF para a aproximação desses grupos em relação a área de referência (área de floresta - FSI).

As amostragens foram realizadas na área com cerca de 3 anos de instalação das espécies florestais, desse modo as árvores ainda estavam em fase de desenvolvimento. Com isso, a fauna epígea está em processo de colonização, e passará por mudanças no decorrer dos anos com a maturidade do sistema. Desse modo, provavelmente os valores de abundância, riqueza, composição das espécies apresentarão mudanças ao longo do tempo (SILVA, 2005; MARTINS, 2009).

4.4.2 Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)

4.4.2.1 Abundância de esporos e riqueza de espécies de FMAs

A abundância de esporos nas diferentes áreas estudadas, variou de 1443 (FSI) a 1864 (PAST) esporos por 50 cm³ de solo, porém não houve diferença estatística entre os tratamentos pelo teste de t de Tukey (Figura 19).

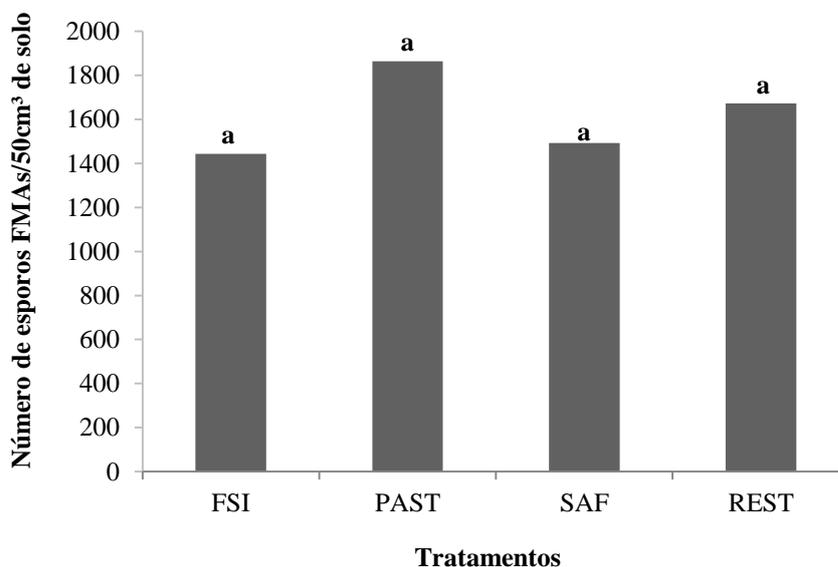


Figura 19. Abundância total de esporos de fungos micorrízicos arbusculares. FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Resultado similar foi encontrado por Martins (2009) analisando a comunidade de FMAs em área de mata, pastagem e corredor ecológico com sistemas agroflorestais, onde não houve diferenças para abundância de esporos entre as diferentes áreas. Segundo a autora, a ausência de diferença estatística entre as áreas pode ser devido as matas usadas como controle, já terem sido submetidas à intensas intervenções antrópicas, não se tratando de áreas nativas preservadas. No presente estudo, o fato das áreas com intervenções de plantio de espécies agrícolas e consorciadas com espécies agrícolas possuírem menos de 3 anos à época da coleta, e a área de floresta secundária inicial apresentar grau de intervenção recente, podem justificar a ausência de diferença entre as áreas.

Em relação ao número médio de espécies de FMAs a área de SAF apresentou maior número de riqueza em relação aos demais locais, porém a diferença não foi significativa

(Figura 20). Martins (2009) encontrou valores de riqueza superiores para mata, porém em relação as demais áreas analisadas (pastagem e SAF's) não houve diferença estatística.

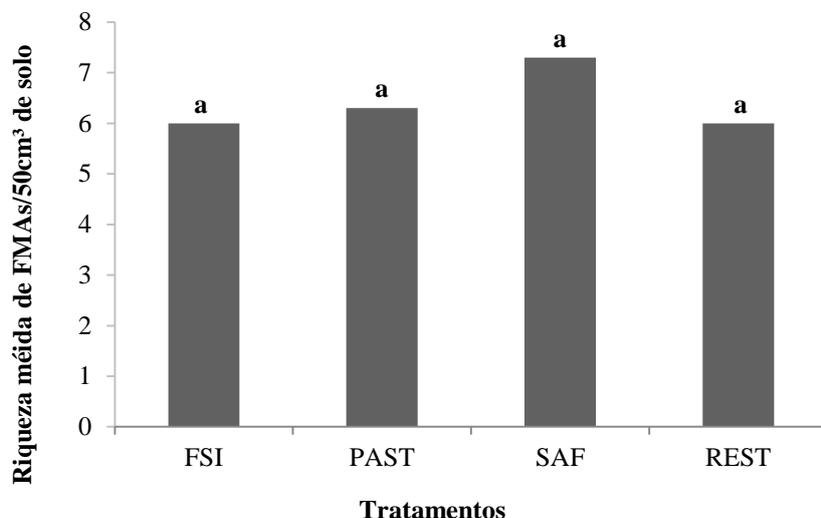


Figura 20. Riqueza média das espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Um aspecto que deve ser levado em consideração é que as espécies não identificadas em determinada área não necessariamente estão ausentes nesse ambiente. Segundo Silva (2005), a metodologia de extração de esporos do solo, via peneiramento úmido, pode subestimar a riqueza das áreas de coleta, uma vez que os FMAs podem estar presentes em outras formas de vida como hifas, colonizando raízes ou células auxiliares, não detectáveis nesse método.

4.4.2.2 Composição das espécies de FMAs

A partir das coletas de solo realizadas no mês de setembro (fim da época seca e início da época chuvosa) foi encontrado um total de 10 espécies de FMAs. O gênero *Glomus* se destacou em todas as áreas com maior número de espécies (6 espécies), seguido dos gêneros *Acaulospora* (3 espécies) e *Archaeospora* (1 espécie).

Na Figura 21 estão representados o número de espécies por gênero em cada tratamento. O gênero *Glomus* se mostrou representativo em todas as áreas, seguido em menor número de *Acaulospora*.

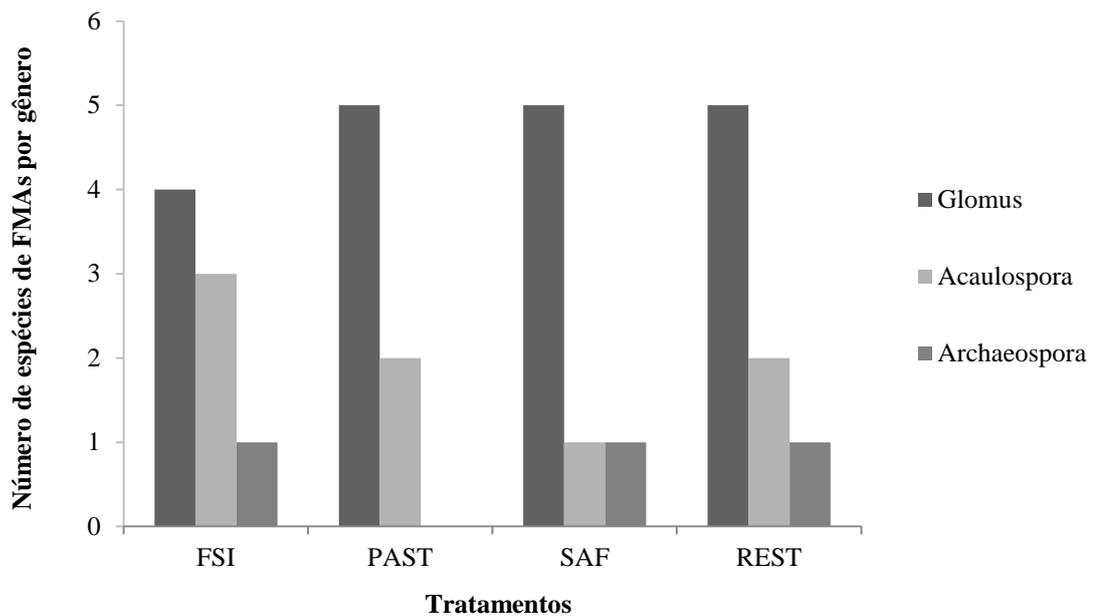


Figura 21. Número de espécie de fungos micorrízicos arbusculares por gênero. FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais, em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.

Martins (2009) encontrou resultado similar em áreas de corredor agroflorestal, área de pastagens e fragmento florestal, com os gêneros *Glomus* e *Acaulospora* com maior representatividade perante os demais gêneros.

Avaliando a diversidade de esporos de FMAs em ecossistemas no município de Rolim de Moura-RO, Souza *et al.* (2007) encontraram a maior diversidade de espécies em todos os ambientes (SAF, pastagem, cultivo de seringueira uma floresta secundária) para os gêneros *Glomus* e *Acaulospora*.

Sturmer e Siqueira (2005) analisando a diversidade de FMAs em diversos ecossistemas brasileiros relataram que em relação ao número de espécies por gênero, *Glomus* foi o que apresentou o maior número (85 espécies), seguido por *Acaulospora* (31 espécies) e *Scutellospora* (30 espécies).

A frequência relativa das espécies em cada tratamento é expressa na tabela 11. De acordo com Saggin-Júnior e Siqueira (1996), a frequência relativa indica o comportamento generalista, raro ou intermediário das espécies de FMAs dentro do ecossistema.

Das dez espécies amostradas, cinco ocorreram em todas as áreas, são elas: *Acaulospora mellea*, *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus clavisporum*, *Glomus glomerulatum* e *Glomus macrocarpum*. Segundo Sturmer e Siqueira (2005) todas as espécies encontradas nesse estudo (Tabela 11) são classificadas como generalistas, demonstrando uma similaridade da comunidade de FMAs nos diferentes ambientes.

Tabela 11. Frequência relativa de ocorrência de espécies de FMAs encontradas em área de restauração em mata ciliar em Pinheiral – RJ.

Espécie	Frequência relativa			
	FSI	PAST	SAF	REST
<i>Acaulospora</i>				
<i>Acaulospora mellea</i> Spain e N.C.Schenck	67	100	100	33
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	67	100	-	67
<i>Acaulospora laevis</i> Gerdemann e Trappe	33	-	-	-
<i>Archaeospora</i>				
<i>Archaeospora leptoticha</i>	33	-	100	33
<i>Glomus</i>				
<i>Glomus clavisorum</i> (Trappe) Almeida e Schenck.	100	100	100	67
<i>Glomus etunicatum</i> Becker e Gerdemann.	-	33	67	67
<i>Glomus glomerulatum</i> Sieverding	33	67	100	33
<i>Glomus macrocarpum</i> Tulasne e Tulasne.	100	100	100	67
<i>Glomus microaggregatum</i> Koske, Gemma e P.D. Olexia	100	0	67	67
<i>Glomus sp.</i>	-	33	-	67

Nota: FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais

Loss *et al.* (2009) analisando áreas de pastagens e sistemas agroflorestais, em Seropédica RJ, encontraram uma baixa de diversidade de espécies de FMAs, sendo que as espécies *Glomus macrocarpum* e *Acaulospora scrobiculata*, foram as espécies dominantes nas duas áreas.

O curto período de tempo de implantação do reflorestamento e das espécies agrícolas em SAF pode não ter favorecido a entrada de novas espécies de FMAs. Do mesmo modo, o estágio sucessional da área do fragmento florestal (FSI) com grau de intervenção antrópica e a estabilidade do ambiente pastagem, podem ter contribuído para uma semelhança na composição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares no presente estudo.

4.4.3 Proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG)

As médias da proteína do solo relacionada à glomalina - facilmente extraível (PSRG-FE) variaram entre 1,47 e 2,19 mg g⁻¹ de solo na pastagem e SAF, respectivamente. Para a proteína do solo relacionada à glomalina total (PSRG-T) as médias variaram de 3,38 mg g⁻¹ em PAST a 4,60 mg g⁻¹ em SAF. Não foram encontradas diferenças estatísticas nas diferentes áreas para ambas as frações (Tabela 12).

Tabela 12. Proteína do solo relacionada à glomalina - total (PSRG -T) e facilmente extraível (PSRG-FE) (mg g⁻¹ solo) em amostras de solo, área de mata ciliar município de Pinheiral, RJ.

Tratamentos	PSRG-T (mg g ⁻¹ solo)	PSRG-FE (mg g ⁻¹ solo)
FSI	4,66a	1,95a
PAST	3,38a	1,47a
SAF	4,60a	2,19a
REST	4,04a	1,54a

Nota: FSI: floresta secundária inicial; PAST: pastagem; SAF: sistema agroflorestal e REST: plantio convencional de espécies florestais. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Segundo Rillig *et al.* (2001) a PSRG-FE representa os depósitos recentes protegidos da degradação, enquanto PSRG-T pode representar a menor porção da matéria orgânica extremamente persistente no solo. Essa relação indica que a PSRG pode ser usada como uma medida simples para avaliar relações entre a estabilidade de agregados e práticas de manejo do solo (WRIGHT e UPADHYAYA, 1998; RILLIG *et al.*, 2001). Desse modo, apesar de não apresentar diferença estatística entre tratamentos, pode-se inferir que os valores de PSRG-FE no tratamento SAF (2,19 mg g⁻¹), tiveram influência dos manejo diferenciado, principalmente pelas práticas de adubação adotadas no plantio das espécies agrícolas.

Nobre *et al.* (2015) analisando a PSRG-T em diferentes coberturas vegetais no município de Seropédica RJ, encontraram valores semelhantes a este estudo para área de pastagem (3,99 mg.g⁻¹ de solo) e sistemas agroflorestais (4,89 mg.g⁻¹ de solo), já na área fragmento florestal o valor foi superior (9,25 mg.g⁻¹ de solo), apresentando diferença estatística em relação aos demais. Segundo os autores, o teor de PSRG-T foi superior na área de do fragmento florestal, provavelmente por influência pelos teores de matéria orgânica. Este padrão pode ser explicado, pelo fato do fragmento florestal ser um sistema menos perturbado, favorecendo a deposição de glomalina e o reduzido número de glomerosporos (NOBRE *et al.*, 2015), diferentemente do presente estudo que se trata fragmento de floresta secundária inicial, com considerável interferência antrópica.

Os resultados para as frações de glomalina (PSRG-FE e PSRG-T) corroboram com o padrão encontrado de similaridade na comunidade de fungos micorrízicos nas diferentes áreas, não apresentando diferenças entre as áreas em restauração e as áreas referências.

5 CONCLUSÕES

O cultivo das espécies agrícolas no sistema agroflorestal não altera o desenvolvimento das espécies florestais em 3 anos de restauração. Somente a espécie *Syagrus romanzoffiana* (Jerivá) apresenta desenvolvimento superior quando em consórcio com espécies agrícolas (SAF).

O uso de *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco) é eficaz para redução da biomassa e cobertura das plantas espontâneas, sobretudo as gramíneas de grande porte, este fator possibilita maior diversidade de plantas espontâneas, principalmente as de pequeno porte e de mais fácil controle.

O tratamento SAF apresenta custo de implantação e manutenção superior quando comparado ao plantio convencional (REST). A renda gerada pelas culturas agrícolas, nesse estudo, contribuiu para amortização de aproximadamente 10% dos custos totais da implantação do SAF.

A comunidade da fauna do solo é sensível às alterações sazonais nas épocas avaliadas, porém não varia significativamente entre as áreas de intervenção analisadas para os índices ecológicos e a composição da espécies. Apenas a área de floresta (ecossistema de referência) se mostrou inferior estatisticamente na abundância de indivíduos em relação à outras áreas. Para os fungos micorrízicos arbusculares e proteína do solo relacionada à glomalina não há diferenças entre as áreas avaliadas. O tempo de intervenção na área (3 anos) não foi capaz de proporcionar a detecção de diferenças entre os indicadores do solo analisados. Sugere-se que, com a evolução do ecossistema e alterações na comunidade desses organismos, que outras análises sejam realizadas com vistas ao monitoramento da qualidade ambiental do ecossistema.

Considerando esses fatores, pode-se concluir que o sistema agroflorestal adotado (SAF taungya com uso de inhame e taioba) apresenta grande potencial como técnica alternativa para restauração de mata ciliares no Médio Paraíba do Sul, RJ.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência desse estudo comprovou que os cultivos das espécies agrícolas em sistema agroflorestal não interferiram no desenvolvimento das espécies florestais, assim como o feijão-de-porco teve efeito positivo na competição com as plantas espontâneas. Esta constatação é interessante quando se considera o sistema agroflorestal em área de mata ciliar, como uma possibilidade de otimização da área de produção da propriedade rural e redução dos custos do reflorestamento, sem prejuízos à restauração do ambiente.

No entanto, a adoção de técnicas de irrigação ou o manejo de outras culturas agrícolas de acordo com a capacidade de suporte de cada propriedade e de aspectos climáticos favoráveis, podem contribuir para um aumento nas receitas do sistema agroflorestal.

No aspecto ambiental, não houve influência negativa do modelo de SAF para os organismos do solo como a fauna epígea e os fungos micorrízicos. Com a maturidade do agroecossistema a diversidade dessas áreas contribuirá para a manutenção dos serviços ecossistêmicos locais, principalmente para a qualidade do solo, e segurança alimentar da população local.

O modelo de sistema agroflorestal adotado nesse estudo pode ser replicado em outras propriedades rurais de agricultura familiar em especial na região do Médio Paraíba do Sul. A adequação ambiental dessas propriedades através do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e Programa de Regularização Ambiental (PRA), tende a ser cada vez mais cobrada pelos agentes de fiscalização e pela sociedade nos próximos anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. **Domínios morfoclimáticos e solos do Brasil**. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F. e FONTES, M. P. F. Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e UFV, p.1-18, 1996.
- AB'SÁBER, A. **Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2011. 159P.
- ALVINO-RAYOL, F. O.; ROSA, L. S.; RAYOL, B. P. Efeito do espaçamento e do uso de leguminosas de cobertura no manejo de plantas invasoras em reflorestamento de *Schizolobium amazonicum* HUBER EX. DUCKE (Paricá). **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.391-399, 2011.
- AMADOR, D. B. Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. In: KAGEYAMA, P. Y. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF. p.333-340, 2003.
- AMADOR, D. B.; VIANA, V. M. Sistemas agroflorestais para recuperação de fragmentos florestais. **Série Técnica. IPEF**, Piracicaba, v. 12, n.32, p. 105-110, 1998.
- AQUINO, A. M.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; QUEIROZ, J. M. **Recomendações para Coleta de Artrópodos Terrestres por Armadilhas de Queda (Pitfall – Traps)**. Circular Técnica: Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ. 2006.
- ARAÚJO, A. S. F. de; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Bioscience. Journal.**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.
- ARCO-VERDE, M. F. **Sustentabilidade biofísica e socioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira**. 2008. 188 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- ARONSON, J.; ALEXANDER, S. Ecosystem restoration is now a global priority: time to roll up our sleeves. **Restoration Ecology**, v. 21, n. 3, p. 293-296, 2013.
- ÁVILA, J. E. T.; ASSAD, M. L. L.; LIMA, A. S. Avaliação de biomassa vegetal em sistema de produção em transição agroecológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.7, n.3., p. 72-84, 2012.
- BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **IPEF**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 1-16, 1980.
- BEENHOUWER, M. ; AERTS, R.; HONNAY, O. A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 175, p.1-7. 2013.
- BICALHO, S. T. T.; LANGENBACH, T.; RODRIGUES, R. R.; CORREIA, F. V.; HAGLER, A. N.; MATALLO, M. B.; LUCHINI, L. C. Herbicide distribution in soils of a riparian forest and neighboring sugar cane field. **Geoderma**, v. 158, n. 3–4, p. 392–397, 2010.
- BOTREL, N.; MADEIRA, N. R.; AMARO, G. B.; RODRIGUES, P. F.; MARTINS, H.; CARVALHO, G. **Hortaliças não convencionais: Taioba**. (Comunicado Técnico). Embrapa Hortaliças, 2017.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for mycorrhizal association whit barley on sewage-amended plots. **Soil Biology and Biochemistry** 20: 945-948. 1976.

BRANCALION, P. H. S., GANDOLFI, S., RODRIGUES, R. R.. **Restauração Florestal. São Paulo: Oficina de Textos.** 2015. 430p

BRANCALION, P. H. S.; GARCIA, L. C.; LOYOLA, R.; RODRIGUES, R. R.; PILLAR, V. D.; LEWINSOHN, T. M. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. **Natureza e Conservação**, v. 14, p. e1–e16, 1 abr. 2016.

BRASIL, **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial, Brasília, 25 mai. 2012.

BRAUN BLANQUET, J. **Fitosociologia: - bases para el estudio de las comunidades vegetales.** 3.ed. Madrid: H. Blume, 1979. 820 p.

BRÉGULA, J. P. D. **Efeito da fertilização de plantios na restauração de um ecossistema florestal.** Lavras: UFLA, 2009. 40p.

CALVI, G. P.; PEREIRA, M. G.; ESPINDULA JUNIOR, A.; MACHADO, D .L. Composição da fauna edáfica em duas áreas de floresta em Santa Maria de Jetibá, ES, Brasil. **Acta Agronômica** , v.59, p.37-45. 2010.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.

CEASA- Centrais de abastecimento do estado do Rio de Janeiro. Boletim 103. **Preço no atacado de hortaliças, frutas, cereais, pescado, flores e plantas ornamentais.** Disponível em <http://www.ceasa.rj.gov.br/ceasa_portal/view/ListarCotacoes.asp> Acesso em 20/11/2016.

CEASA- Centrais de abastecimento do estado do Rio de Janeiro. Boletim 235. **Preço no atacado de hortaliças, frutas, cereais, pescado, flores e plantas ornamentais.** Disponível em <http://www.ceasa.rj.gov.br/ceasa_portal/view/ListarCotacoes.asp> Acesso em 21/12/2018.

COMITÊ MÉDIO PARAÍBA DO SUL. Atlas Região Hidrográfica Médio Paraíba do Sul. Volta Redonda: Comitê Médio Paraíba do Sul/CEIVAP, 2017. 172p.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. **Documentos** 112, 2000. 46p

COSTA, C., VANIN, S. A., CASARI-CHEN, S. A. **Larvas de coleóptera do Brasil.** São Paulo: Museu de Zoologia, 1988. 282p.

CRUZ, L. E. C. da; COSTA, J. B.; MORSELLI, T. B. G. A.; BRUSCATTO, A. H. Estudo da mesofauna em dois sistemas de produção na agricultura familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1., p. 1349-1353, 2007.

CSIRO. The insects of Australia: a textbook for students and research workers. 2 ed. New York: **Cornell University Press.** p. 1136, v. 2. 1991.

DANIEL, T. W.; HELMS, J. A.; BACKER, F. S. **Princípios de silvicultura**. México: McGraw-Hill, 1982. 492 p.

DARONCO, C.; MELO, A. C. G.; MACHADO, J. A. R. Consórcio de espécies nativas da floresta estacional semidecidual com mandioca (*Manihot sculenta* Crantz) para restauração de mata ciliar. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.2, p.291-299. 2012

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C.M. Sistemas agroflorestais: retorno econômico e ambiental na recuperação da mata ciliar e reserva legal. **Pesquisa e Tecnologia**, v.8, n.41, 2011.

DEVIDE, A. C. P., CASTRO, C. M., RIBEIRO, R. D. L. D., SOUZA ABBOUD, A. C., PEREIRA, M. G., e RUMJANEK, N. G. História Ambiental do Vale do Paraíba do Sul, Brasil. **Revista Biociências**, v. 20, n. 1, p. 12-29, 2014

DINDAL, D.L. **Soil biology guide**. New York, John Wiley, 1349p.1990.

DRUMMOND, J. A. **Devastação e Preservação Ambiental no Rio de Janeiro**. Niterói: EDUFF, 1997, 306p.

ELLISON, D.; MORRIS, C. E.; LOCATELLI, B.; SHEIL, D.; COHEN, J.; MURDIYARSO, D.; GUTIERREZ, V.; NOORDWIJK, M. van; CREED, I. F.; POKORNY, J.; GAVEAU, D.; SPRACKLEN, D. V.; TOBELLA, A. B.; ILSTEDT, U.; TEULING, A. J.; GEBREHIWOT, S. G.; SANDS, D. C.; MUYS, B.; VERBIST, B.; SPRINGGAY, E.; SUGANDI, Y.; SULLIVAN, C. A. Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. **Global Environmental Change**, v. 43, p. 51–61, 2017.

EMBRAPA. **Manual de métodos de Análise de solo**. EMBRAPA/SNLCS. Rio de Janeiro, 212p. 1997.

ERASMO, E. A. L; PINHEIRO L. L. A; COSTA N. V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, 22:195-201.2004.

FAO. 2015. Global forest resources assessment 2015. How are the world's forests changing? Rome: FAO.

FÁVERO, C.; LOVO, I. C. MENDONÇA, E. S. Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore** v. 32(5) 861-868p. 2008.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**. Versão 5.6. Lavras: UFLA/DEX, 2015. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>>. Acesso em: 1 Set. 2018.

FOKOM, R.; ADAMOU, S.; TEUGWA, M. C., BEGOUDE BOYOGUENO, A. D.; NANA, W. L.; NGONKEU, M. E. L.; TCHAMENI N. S. ; NWAGA, D.; TSALA NDZOMO, G., AMVAM ZOLLO, P. H. Glomalin related soil protein, carbon, nitrogen and soil aggregate stability as affected by land use variation in the humid forest zone of south Cameroon. **Soil and Tillage Research** 120: 69–75. 2012.

FRANCO, F. S.; COUTO, L.; CARVALHO, A. F, de; JUCKSCH, I.; FERNANDES FILHO, E. I.; SILVA, E.; MEIRA NETO, J. A. Quantificação da erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na zona da mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, p. 751-760, 2002.

FRAGOSO, R. D. O.; TEMPONI, L. G.; PEREIRA, D. C.; GUIMARÃES, A. T. B.;

Recuperação de área degradada no domínio Floresta Estacional Semidecidual sob diferentes tratamentos. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 699, 30 set. 2016.

FREITAS, W. K.; PORTZ, A.; PERES, A. A. de C.; TARRÉ, R. M.; CAMPOS, M. de M. Soil nutrient content and plant phytosociology in agroforestry systems of the Rio de Janeiro state highlands, Brazil. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 40, n. 1, p. 1–8, 2018.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, e INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2017. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica 2015-2016**. Technical Report. São Paulo. p. 60, 2017.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, e INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2016. **Atlas dos município da Mata Atlântica 2014-2015**. Technical Report. São Paulo. p. 72, 2016.

GAMA-RODRIGUES, A. C. Soil organic matter, nutrient cycling and biological dinitrogen-fixation in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 81, n. 3, p. 191–193, 2011.

GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Metodologias de restauração florestal. **Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2007. p. 109-143.

GERDMANN, J. W, NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, p. 235-244, 1963

GOMES, A. A.; MUSSURY, R. M.; SCALON, S. P. Q.; WATTHIER, F.; CUNHA, K. A. A.; SCALON FILHO, H. Avaliação do impacto da fragmentação de florestas nativas sobre a mesofauna edáfica na região de Dourados, MS. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.3, p. 612-618, 2007.

GOTSCH, E. **Natural Succession of Species in Agroforestry and in Soil Recovery**. Pirai do Norte, Bahia, 1992.

HUNKE, P.; MUELLER, E. N.; SCHRÖDER, B.; ZEILHOFER, P. The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use. **Ecohydrology**, v. 8, n. 6, p. 1154-1180, 2015.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Coordenação de Estudos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 271p. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília: SPI/EMBRAPA. 84p. 1992.

ISERNHAGEN, I.; BRANCALION, P. H.; RODRIGUES, R. R. Adubação verde na restauração florestal. In: LIMA FILHO, O .F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A .D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, v. 2 p. 269-287. 2014.

JEKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease**, St. Paul, v. 48, n. 1, p. 692, 1964.

JUNGLOS, F. S. E; MORAIS, G. A. Acompanhamento do desenvolvimento de mudas de espécies nativas em plantio heterogêneo no sítio Santa Helena, Município De Ivinhema, MS. **Revista eletrônica Anais do Encontro de Iniciação Científica – ENIC**. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, 2010

KAGEYAMA, P. Y. Estudo para implantação de matas de galeria na bacia hidrográfica do Passa Cinco visando a utilização para abastecimento público. Piracicaba: Universidade de São Paulo, **Relatório de Pesquisa**. 236p. 1986.

LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. Soil ecology. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2001. 654 p.

LELES, P. S. S.; MORAES, L. F. D.; SANTOS, F. A. M.; NASCIMENTO, D. F. (2017) **Plantas companheiras para controle de plantas daninhas na restauração florestal**. In: Controle de plantas daninhas em restauração florestal / Alexander Silva de Resende, Paulo Sérgio dos Santos Leles, editores técnicos. — Brasília, DF: Embrapa, 2017. 107 p

LIMA, A. S. G.; KRUPEK, R. A. Caracterização morfológica, anatômica, e toxinas endógenas em *Colocasia esculenta* (L.) Schott e *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. **Luminária**, v.18, n. 1, p. 31-40, 2016.

LIMA, S. S. **Impacto do Manejo Agroflorestal sobre a Dinâmica de Nutrientes e a Macrofauna Invertebrada nos Compartimentos Serapilheira-Solo em Área de Transição no Norte do Piauí**. Dissertação (mestrado). Programa Regional de Pós-graduação em desenvolvimento e Meio Ambiente UFPI, Teresina, 78 p. 2008.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: EDUSP/ Fapesp,. cap.3, p.33-44. 2004.

LONGOBARDI, P., MONTENEGRO, A., BELTRAMI, H., EBY, M. Deforestation induced climate change: effects of spatial scale. **PLoS One**, 11(4), e0153357, 2016.

LOPES, O. M. N. L. **Feijão-de porco: Leguminosa para controle de mato e adubação verde do solo**. Documentos 37 Embrapa Amazônia Oriental Belém, PA. 2000. 4p.

LORENZI, H. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 4. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008. 640 p.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 382 p.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol.1. 7 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2016. 384p. a

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol.2. 5 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2016. 384p. b

LOSS, A.; ANGELINI, G. A. R.; PEREIRA, A. C. C.; LÃ, O. R.; MAGALHÃES, M. O. L.; SILVA, E. M. R.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Atributos químicos do solo e ocorrência de fungos

micorrízicos sob áreas de pastagem e sistema agroflorestal, Brasil. **Acta Agronómica**, Bogotá, v. 58, n. 2, p. 91-95, 2009.

MARCO, R. de; SILVA, R. F. da; ROS, C. O. da; VANZAM, M.; BOENO, D. Senna multijuga and peat in phytostabilization of copper in contaminated soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 6, p. 421-426, jun. 2017.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: Fotossíntese, Respiração, Relações Hídricas e Nutrição Mineral**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 451p

MARTINKOSKI, L., VOGEL, G. F., MARTINS, P. J. Sistemas agroflorestais na recuperação de matas ciliares. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 6, n. 7, p. 195-212. 2013.

MARTINOTTO, F.; MARTINOTTO, C.; COELHO, M. F. B.; AZEVEDO, R. B. A.; ALBUQUERQUE, M. C. F. (2012) Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas do Cerrado em consórcio com mandioca. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v.47, n.1, p.22-29.

MARTINS, E. M. **Fauna do solo e fungos micorrízicos arbusculares em um corredor agroflorestal**. 2009. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

MAY, P. H.; TROVATTO, C. M. M. (Org.) **Manual agroflorestal para a Mata Atlântica**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria de Agricultura Familiar, 2008. 196p.

MEDEIROS, R. A.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA, S. N.; VENDRÚSCOLO, D. G. S.; SILVA, F. T. Análise silvicultural e econômica de plantios clonais e seminais de *Tectona grandis* L.f. em sistema taungya. **Revista Árvore**, Viçosa- MG, v.39, n.5, P.893-903, 2015.

MELLONI, R.; COSTA, N. R.; MELLONI, E. G. P.; LEMES, M. C. S.; ALVARENGA, M. I. N.; NUNES NETO, J. Sistemas agroflorestais cafeeiro-araucária e seu efeito na microbiota solo e seus processos. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 784, 29 jun. 2018.

MELO, F. V.; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W. e ZANETTI, R. **A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadora**. B. Inf. SBCS, 34:38-40, 2009

MENEZES, C. E. G. **Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ**. 2008. 164f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

MENEZES, C. E. G.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; ANJOS, L. H. C.; PAULA, R. R.; SOUZA, M. E. Aporte e Decomposição da Serapilheira e Produção de Biomassa Radicular em Florestas com Diferentes Estágios Sucessionais em Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 439-452, 2010.

METZGER, J. P.; ESLER, K.; KRUG, C.; ARIAS, M.; TAMBOSI, L.; CROUZEILLES, R.; ACOSTA, A. L.; BRANCALION, P. H.; D'ALBERTAS, F.; DUARTE, G. T.; GARCIA, L. C.; GRYTNES, J. A.; HAGEN, D.; JARDIM, A. V. F.; KAMIYAMA, C.; LATAWIEC, A. E.; RODRIGUES, R. R.; RUGGIERO, P. G.; SPAROVEK, G.; STRASSBURG, B.;

SARAIVA, A. M.; JOLY, C. Best practice for the use of scenarios for restoration planning. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 29, p. 14–25, 2017.

MIRANDA, C. C.; CARVALHO, I. C. ; PONCIANO, J. C. ; MENEZES, C. E. G. ; ROPPA, C. ; VIEIRA JUNIOR, M. F. ; FERREIRA, A. ; FERRAZ, I. ; OTOGALI, T. C. R. . Seleção e avaliação inicial de espécies florestais na restauração de mata ciliar, Pinheiral-RJ. **Anais... III Reforest - Simpósio Nacional sobre Restauração Florestal**, Viçosa, 2016.

MIRANDA, C. C.; COUTO, W. H.; VALCARCEL, R., NUNES-FREITAS, A. F.; FRANCELINO, M.R. Avaliação das preferências ecológicas de *Clidemia urceolata* DC. em ecossistemas perturbados. **Revista Árvore**, v.35, n.5, p. 1135-1144, 2011 a.

MIRANDA, C. C.; FIGUEIREDO, P. H. A; LIMA, C. S.; FERREIRA, A.; BARROS, L. O., TRECE, I. B., ALMEIDA, M. C.; SILVA, R. P. Caracterização dos fragmentos florestais do Espaço Ecológico Educativo, Pinheiral RJ. **Anais... XII CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL**, 2011b.

MIRANDA, C. C.; ROPPA, CRISTIANE ; PONCIANO, J. C. ; FERRAZ, I. ; OTOGALI, T. C. R. ; PASSOS, C. A. M. Sistema Agroflorestal como alternativa para restauração de mata ciliar, na região do Médio Paraíba do Sul: avaliação inicial de espécies florestais. **Anais...VI Congresso Latino-americano de agroecologia, X Congresso Brasileiro de agroecologia e V Seminário de agroecologia do DF e entorno**, Brasília. 2017.

MIRANDA, C. C.; VALCARCEL, R.; FIGUEIREDO, P. H. A.; MATEUS, F. A.; ROPPA, C.; NUNES-FREITAS, A. F. .Caracterização de núcleos espontâneos de *Clidemia urceolata* DC em áreas perturbadas da Mata Atlântica. **Ciência Florestal** v. 25, p. 199/1403478-209, 2015.

MITTERMEIER, R. A.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. A brief history of biodiversity conservation in Brazil. **Conservation Biology** 19(3): 601-611, 2005.

MOÇO, M. K.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C. da e CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.555-564, 2005.

MOLDENKE, A. R. Arthropods. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A. e WOLLUM, A., eds. **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison, Soil Science Society of America, 1994. Part 2. p.517-539.

MORAES, L. F. D.; ASSUMPÇÃO, J. M.; PEREIRA, T. S.; LUCHIARI, C. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 84p.

MORAES, L. F. D.; CAMPELLO, E. F .C.; FRANCO, A .A. Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 2, p. 437-451, 2010.

MOREIRA, F. M. S.; HUISING, J.; BIGNELL, D.E. Manual de Biologia dos Solos Tropicais. Amostragem e Caracterização da Biodiversidade. 1. ed. Lavras: UFLA,. v. 1. 368 p. 2010.

- MOREIRA, M. A. **Modelos de plantio de florestas mistas para recomposição de mata ciliar**. 2002 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade federal de Lavras, Lavras, MG.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley e Sons, 1974. 547p.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-845, 2000.
- NAIR, P. K. R. **Agroforestry systems in the tropics**. ICRAF, 1989.
- NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R. Combination of species into filling and diversity groups as forest restoration methodology. In: RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; GANDOLFI, S. High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil. New York: **Nova Science Publishers**, 2007. p.103-126.
- NOBRE, C. P.; ELIAS, S. S. ; SILVA, C. F. ; SANTOS, V. L. S. ; SAGGIN JUNIOR, O. J. . Influência da cobertura vegetal em manejo agroecológico sobre os fungos micorrízicos arbusculares (FMA). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 10, p. 1, 2015.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434p
- OLDEMAN, L. R.; HAKKELING, R. T. A.; SOMBROEK, W. G. **World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note**. 2017.
- OLIVEIRA, J. A. **Caracterização Física da Bacia do Ribeirão Cachimbal-Pinheiral, RJ e de suas principais paisagens degradadas**. 1998. 142f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Floresta, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. RJ.
- OLIVEIRA, T. J. F de. **Modelos para recuperação da floresta atlântica estacional semidecidual na faixa ciliar do rio Paraíba do Sul**. 2018. 210f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.
- OLIVEIRA, T. J. F.; BARROSO, D. G.; ANDRADE, A. G.; FREITAS, S. J. Consórcio de espécies nativas da mata atlântica com milho e feijão para revegetação de mata ciliar na região Noroeste Fluminense. **Floresta**, v. 46, n. 3, p. 315, 5 out. 2016.
- PENTEADO, S. R. **Adubação Verde e Produção de Biomassa – Melhoria e Recuperação dos Solos**. Campinas, SP. 2ª edição. 2010. 168p.
- PEREIRA, D. dos R.; ALMEIDA, A. Q. de; MARTINEZ, M. A.; ROSA, D. R. Q. Impacts of deforestation on water balance components of a watershed on the Brazilian East Coast. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1350–1358, ago. 2014.
- PEZARICO, C. R., VITORINO, A. C. T., MERCANTE, F. M., e DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013.
- PICONE, C. Diversity and abundance of arbuscular-mycorrhizal fungus spores in Tropical Forest and pasture. **Biotropica**. 32, pp. 734-750, 2000

- RADOMSKI, M. I.; LACERDA, A. E. B.; KELLERMANN, B. **Sistemas agroflorestais : restauração ambiental e produção no âmbito da Floresta Ombrófila Mista** - Colombo : (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ; 276) Embrapa Florestas, 47p , 2014.
- REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Revista Natureza e Conservação**, v.1, n.1, p.28-36, 2003.
- RESENDE, A. S.; LELES, P. S. S. (Ed.). **Controle de plantas daninhas em restauração florestal**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; UFRRJ, 2017. 108 p.
- RIBEIRO, D. B., FREITAS, A. L. Brazil's new laws bug collectors. **Science** vol.345, p.1571. 2014.
- RILLIG, M.C., WRIGHT, S.F., NICHOLS, K.A., SCHMIDT, W.F.; TORN, M.S. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. **Plant Soil**, v.233, p.167-177, 2001.
- RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto Bio Atlântica. 256 p. 2009b
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares**. São Paulo: EDUSP, cap.15.1, p.235– 247. 2000.
- RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A. F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v.142, n.6, p.1242-1251, 2009a.
- SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. (1996) Micorrizas Arbusculares em Cafeeiro. In SIQUEIRA, J. O. (ed) **Avanços em Fundamentos e Aplicação de Micorrizas**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SANTOS, F. A. M. **Formação de povoamento para restauração florestal sob estratégias de controle de Urochloa spp**. 2016. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- SARTORELLI, P. A. R.; BENEDITO, A. L. D.; CAMPOS FILHO, E. M.; SAMPAIO, A. B.; GOUVÊA, A. P. M. **Guia de plantas não desejáveis na restauração florestal**. São Paulo, Agroicone, 2018.
- SCHLOTER, M.; DILLY, O.; MUNCH, J. C. Indicators for evaluating soil quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* v. 98:p. 255-262. 2003
- SCHOENEBERGER, M. M. Woody Plant Selection for Riparian Agroforestry. Northeastern and Intermountain Forest and Conservation Nursery Association Meeting. **Anais**. St. Louis, Missouri, USA: 1993.
- SCHUBLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, L. A. A New Fungal Phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and Evolution. **Mycological Research**, n. 105 v. 12, p.1413-1421, 2001

SEA -Secretaria de Estado do Ambiente. In: **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro R2-F- Caracterização Ambiental**. Fundação COPPETEC. UFRJ. Instituto Estadual do Ambiente (INEA). 2014, 106p. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/GESTAODEAGUAS/InstrumentosdeGestodeRecHid/PlanosdeBaciaHidrografica/index.htm&lang=#ad-image-0> Acesso junho 2017.

SILVA, C. F. **Atributos químicos e biológicos em cavas de extração de argila revegetadas com leguminosas e eucalipto**. 2009 159f. Tese (Doutorado). Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ.

SILVA, C. F. da. **Indicadores da qualidade de solo em áreas de agricultura tradicional no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP)**. 2005. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SILVA, G. A.; CRUZ, L. S.; GONÇALVEZ, F. D. S.; MESQUITA, J. B. Crescimento da aroeira-vermelha no reflorestamento da Mata Ciliar. **Agroforestalis News**, Aracaju, v.1, n.1, 2016.

SILVA, G. C.; SILVA, I. F. O; BARROS, L. O; WIGAND, P. H. F. R; JÚNIOR, R. S. F; FERREIRA, A.; LIMA, C. S; MIRANDA, C. C.; BERNINI, T. A; FIGUEIREDO, P. H. A. Caracterização ambiental do Espaço Ecológico Educativo do IFRJ- Campus Pinheiral. In: VIII JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA. **Anais...** Nilópolis, RJ, 2014.

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41, p. 697-704, 2006.

SOUSA, C. S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. de S. B.; LIMA, F. S. Glomalina: características, produção, limitações e contribuição nos solos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 0, 20 dez. 2012.

SOUSA, G. F. et al. Plantas invasoras em sistemas agroflorestais com cupuaçuzeiro no município de Presidente Figueiredo (Amazonas, Brasil). **Acta Amazônica**, v. 33, n.3, p. 353-370, 2003.

SOUZA, G. I. A.; ASSIS, F.C.; CONUS, L.A.; BARROS, L.S., GOMES, V. C.; CAPRONI, A. L.; **Diversidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em ecossistemas no município de Rolim de Moura-RO**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 31, Gramado, 05 a 10/08, Anais... 2007.

STOLARSKI, O. C.; GORENSTEIN, M. R.; LUBKE, M.; LUBKE, L.; O'CONNOR, P. H. P.; BECHARA, F. C. *Trema micrantha* (L.) Blume. em plantações para a restauração ecológica: Desenvolvimento inicial na Floresta Subtropical Brasileira **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1217, 1 out. 2018.

STRAALEN, V. N. M. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, v. 9, p. 429-437, 1998.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazilian ecosystems. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil**

Biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems. London: CABI Publishing, 2005. cap. 10, p. 206-236

SUGANUMA, M. S. **Avaliação de sucesso da restauração florestal baseada em estrutura florestal e processos do ecossistema.** 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

SYLVIA, D. M.; JARSEFER, A. G. Sheared-root inocula of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Environmental Microbiology**, 58: 229-232, 1992.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L. de.; SILVA, D. M. .N. da.; FAVERO, C.; QUARESMA, M. A. .L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35: p. 635-643, 2011.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Potential impacts of changes in the Forest Code on water resources. **Biota Neotropica**, , 10(4), 67-75, 2010.

UDAWATTA, R. P.; GARRETT , H. E. Agroforestry buffers for non point source pollution reductions from agricultural watersheds. **Journal of environmental quality**, v. 40, n. 3, p. 800 – 806, 2011.

VAZ DA SILVA, P. P. **Sistemas agrofloretais para recuperação de matas ciliares em Piracicaba, SP.** 2002. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P.; ANDRADE, M. GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v.39, p.3066-3080, 2007.

WRIGHT S. F.; UPADHYAYA A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, 198: 97-107. 1998.

WRIGHT, S. F.; FRANKE-SNYDER, M.; MORTON, J. B.; UPADHYAYA, A. Time-course study and partial characterization of a protein on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during active colonization of roots, **Plant and Soil**, 181: 193–203. 1996.

WRIGHT, S. F.; GREEN, V. S.; CAVIGELLI, M. A. Glomalin in aggregate size classes from three different farming systems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 94, p. 546-549, 2007.

WWF. **A situação da Mata Atlântica: Três países, 148 milhões de pessoas, uma das florestas mais ricas da Terra.** Puerto Iguazú, Argentina. 2017.

XAVIER, G. R.; ZILLI, J. E.; SILVA, F. V.; SALLES, J. F.; RUMJANEK, N. G. O papel da ecologia microbiana e da qualidade do solo na sustentabilidade dos agroecossistemas. In: **Processos Biológicos no Sistema Solo-Planta: Ferramentas para uma agricultura sustentável.** AQUINO, A.M. de.; ASSIS, R.L. de. Embrapa Agrobiologia. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 368 p

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation..** Wallingford: CAB International, 276 p.1989

APÊNDICE I

Características das espécies florestais implantadas

Nº	Nome Popular	Nome científico	Linha		Dispersão	Polinização	Fenologia	
			P	D			Floração	Frutificação
1	Açoita cavalo	<i>Luehea divaricata</i> Mart. Zucc.	X		Anemocórica	Melitofília	Dez. à Fev.	Mai. à Ago.
2	Camboatá	<i>Cupania oblongifolia</i> Glassman.	X		Zoocórica	Melitofília	Jul.	Nov.
3	Eritrina Cadelabro	<i>Erythrina speciosa</i> L.	X		Autocórica	Melitofília e Ornitofílica	Set.	Nov.
4	Grandiúva	<i>Trema micrentha</i> Mart.	X		Zoocórica	Melitofília e Anemofílica	Set. à Jan.	Jan. à Mai.
5	Guamirim	<i>Myrcia Rostrata</i> DC.		X	Ornitocórica	Melitofília	Out. à Dez.	Dez. à Jan.
6	Ingá	<i>Inga uruguensis</i> Andrews.	X		Ornitocórica e Hidrocórica	Entomofílica e ornitofílica	Ago. à Nov.	Dez. à Fev.
7	Ingá do brejo	<i>Inga laurina</i> (Mart) O. Berg	X		Autocórica, Zoocórica e Anemocórica	Melitofília	Set. à Nov.	Dez. à Jan.
8	Jabuticabeira	<i>Myrciaria cauliflora</i> (Mart.) O.Berg		X	Zoocórica	Melitofílica	Jul. à Dez.	Jan. à Fev.
9	Jenipapo	<i>Genipa americana</i> DC.		X	Zoocórica	Melitofília	Out. à Dez.	Nov. à Dez.
10	Jerivá	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman.		X	Zoocórica	Entomofílica	Jan.	Abr. Mai. e Out.
11	Orelha de negro	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	X		Autocórica e Zoocórica	Melitofília	Set. à Nov.	Jun. à Jul.
12	Palmito Juçara	<i>Euterpe edulis</i> Mart.		X	Zoocórica	Melitofília e Entomofílica	Set. à Jan.	Mai. à Ago.
13	Pau - Cigarra	<i>Senna multijuga</i> Willd.	X		Anemocórica e Autocórica	Melitofília e Entomofílica	Dez. à Abr.	Abr. Jun.

14	Pau - Formiga	<i>Triplaris americana</i> Mart. e Zucc.	X		Anemocórica	Melitofília	Ago. à Out.	Ago. à Out.
15	Pau -viola	<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	X		Zoocórica	Melitofília	Out. à Dez.	Out. à Dez.

Fonte: Lorenzi (2016a, 2016b).