

MODELOS PARA RECUPERAÇÃO DA FLORESTA ATLÂNTICA
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NA FAIXA CILIAR DO RIO PARAÍBA
DO SUL

TIAGO JOSÉ FREITAS DE OLIVEIRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2018

MODELOS PARA RECUPERAÇÃO DA FLORESTA ATLÂNTICA
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NA FAIXA CILIAR DO RIO PARAÍBA
DO SUL

TIAGO JOSÉ FREITAS DE OLIVEIRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2018

MODELOS PARA RECUPERAÇÃO DA FLORESTA ATLÂNTICA
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NA FAIXA CILIAR DO RIO PARAÍBA
DO SUL

TIAGO JOSÉ FREITAS DE OLIVEIRA

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal”

Orientador: Prof^a. Deborah Guerra Barroso

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCH / UENF**

031/2018

O48 Oliveira, Tiago José Freitas de.

Modelos para recuperação da floresta atlântica estacional semidecidual na faixa ciliar do rio Paraíba do Sul / Tiago José Freitas de Oliveira. – Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

222 f. : il.

Bibliografia: f. 170 – 195.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2018.

Orientadora: Deborah Guerra Barroso.

1. Nucleação. 2. Taungya. 3. Área Degradada. 4. Regeneração Natural.
I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD – 631.64

MODELOS PARA RECUPERAÇÃO DA FLORESTA ATLÂNTICA
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NA FAIXA CILIAR DO RIO PARAÍBA
DO SUL

TIAGO JOSÉ FREITAS DE OLIVEIRA

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal

Aprovada em 08 de fevereiro de 2018

Comissão Examinadora

Dr. Aluísio Granado de Andrade (D.Sc., Ciência do Solo) – EMBRAPA SOLOS

Prof. Fábio Cunha Coelho (D.Sc., Fitotecnia) – UENF

Prof^a. Luciana Aparecida Rodrigues (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof^a. Deborah Guerra Barroso (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF
(Orientadora)

À minha esposa, Camila Freitas;
A meus Pais, Irmãos e toda a minha família.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, família e amigos,

Aos meus pais, Geraldo e Maria, pela dedicação, pelo apoio, amor, carinho e por acreditarem em mim em todos os momentos,

À minha esposa Camila, fundamental nessa conquista, pelo amor, carinho e amizade. Por acreditar em mim, por me ouvir e me ajudar a chegar até aqui

Aos meus irmãos pela amizade, carinho, companheirismo e amor;

A toda minha família de Viçosa, da Violeira, do Pedra Redonda, fundamentais em minha vida;

À minha Vó Edith, exemplo de vida e dedicação.

Agradeço a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Fitotecnia e ao Setor de Grandes Culturas e Silvicultura pela oportunidade de realização deste curso;

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pela concessão de bolsa de estudo e financiamento deste projeto;

À Professora Deborah, pela orientação, conhecimentos transmitidos e pela oportunidade de desenvolver este trabalho;

À Professora Luciana, pela coorientação e conhecimentos transmitidos;

Ao Dr. Aluísio Granato de Andrade, pela orientação, oportunidade de desenvolver este trabalho, pelo apoio e conhecimentos transmitidos;

Aos professores das disciplinas cursadas, pela dedicação no ensino;

À coordenação do programa e seus funcionários pela dedicação e disponibilidade para esclarecer dúvidas;

Aos Professores e funcionários do Laboratório de Fitotecnia, pela ajuda nas pesquisas e apoio de sempre;

Ao Professor Marco Antônio pelo apoio na realização das análises microbiológicas;

Ao Professor Cláudio Marciano pelo apoio na realização das análises de densidade aparente do solo;

Ao LSOL 127, em especial a Andreia, pelo apoio nas análises microbiológicas realizadas;

Aos colegas de Pós-graduação do LFIT 115, pelo companheirismo e solidariedade;

Ao Leandro Hespanhol e demais funcionários da Ilha da UENF, peças-chave para o desenvolvimento deste trabalho, pelo apoio, trabalho, amizade e conhecimentos transmitidos;

A Maria Clara Coutinho, pelo apoio nas pesquisas, na realização dos experimentos e pela amizade e confiança;

Aos amigos Lucas, Seldon e Régis, que juntos, lutamos desde o Mestrado.

Aos meus Professores, pelos conhecimentos transmitidos ao longo de todos esses anos, na escolinha (“Tico-Tico”), Effie Rolfs, Anglo, Cursinhos e da Universidade Federal de Viçosa, em especial da Engenharia Florestal.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivos Gerais.....	5
2.2. Objetivos Específicos.....	5
3. HIPÓTESES.....	7
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1. A legislação ambiental brasileira e as Matas Ciliares.....	8
4.2. As Matas Ciliares e suas funções ecológicas.....	13
4.3. Aspectos ecológicos da recuperação de áreas degradadas.....	15
4.4. Definição das estratégias, indicadores e técnicas para recuperação.....	19
4.4.1. Isolamento da área: Regeneração natural.....	20
4.4.2. Técnicas nucleadoras.....	23
4.4.3. Plantio de mudas.....	24
4.4.4. Sistemas Agroflorestais.....	26
4.5. Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul: Caracterização e importância.....	29
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
5.1. Localização.....	31
5.2. Vegetação.....	33
5.3. Clima.....	33
5.4. Histórico da área e implantação do experimento.....	35

5.4.1. Regeneração natural (Isolamento).....	40
5.4.2. Plantio Convencional de espécies florestais e Sistema Taungya.....	41
5.4.3. Nucleação por Transposição do banco de sementes do solo.....	57
5.5. Coleta de dados e avaliação do experimento.....	59
5.5.1. Espécies florestais arbóreas: Áreas de plantio convencional e taungya..	59
5.5.2. Análises químicas, físicas e microbiológicas do solo.....	61
5.5.3 Avaliação da regeneração natural.....	64
5.5.4. Chuva de sementes.....	64
5.5.5. Cobertura do solo por gramíneas.....	65
5.5.6. Caracterização dos custos e receitas.....	67
5.5.7. Avaliação da recuperação.....	67
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
6.1. Espécies florestais em Plantio Convencional e Sistema Taungya.....	71
6.1.1. Sobrevivência.....	71
6.1.2. Características dendrométricas	75
6.2. Análise química do solo.....	108
6.3. Densidade aparente do solo.....	115
6.4. Análise microbiológica do solo.....	119
6.5. Avaliação da chuva de sementes.....	126
6.6. Cobertura do solo por gramíneas.....	133
6.7. Regeneração Natural.....	136
6.8. Caracterização dos custos e receitas.....	141
6.9. Avaliação da recuperação.....	152
10. RESUMO E CONCLUSÕES.....	165
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	170
APÊNDICE A.....	196
APÊNDICE B.....	207

RESUMO

OLIVEIRA, Tiago José Freitas, Engenheiro Florestal, D. S.c. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2018. Título: Modelos para recuperação da Floresta Atlântica Estacional Semidecidual na faixa ciliar do rio Paraíba do Sul. Orientador: Professora Deborah Guerra Barroso. Coorientadores: Dr. Aluísio Granato de Andrade e Professora Luciana Aparecida Rodrigues.

A conversão de florestas tropicais em áreas agrícolas e pastagens é uma das principais causas do desmatamento. Neste contexto, destacam-se as Matas Ciliares do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense, que com suas características favoráveis ao uso e ocupação do solo contribuíram para a construção da sua paisagem atual degradada, mesmo diante do amparo da legislação e da importância desse ecossistema para a preservação da biodiversidade e dos recursos hídricos. O objetivo deste trabalho foi verificar o potencial de diferentes técnicas de revegetação e avaliar os efeitos sobre a recuperação de um trecho degradado de Mata Ciliar, após quatro anos de implantação. Os modelos de recuperação testados foram: (T1) Isolamento/Regeneração Natural; (T2) Plantio convencional de espécies arbóreas (PC); (T3) Sistema Agroflorestal Taungya e (T4) Nucleação/Transposição do Banco de Sementes do Solo. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições. Não foram observadas

diferenças em altura e diâmetro do componente florestal entre o PC e Sistema Taungya. No quarto ano, foi observada maior área da copa dentro do sistema Taungya, independente do seu grupo ecológico. Observou-se no terceiro e quarto anos após o plantio, que a altura, área da copa e cobertura das copas das espécies pioneiras foram maiores do que as não pioneiras. Aos oitos meses após a implantação do experimento, na camada de 0 a 10 cm do solo, foram observados maiores teores de P, K, Ca²⁺, Mg²⁺, Matéria Orgânica e maior valor de pH, Soma de Bases, CTC total, CTF efetiva e Saturação por Bases sob sistema Taungya, quando comparado aos sistemas de Isolamento e Nucleação. Aos quatro anos, também foram observados maiores teores de Mg²⁺, Ca²⁺, P e maior valor para SB, CTC total e CTC efetiva no sistema Taungya, quando comparado aos demais sistemas. Esse comportamento foi mais evidente em época chuvosa. O sistema Taungya apresentou maior densidade aparente do solo, embora abaixo de valores limitantes para produção, e maior número de bactérias por grama de solo quando comparado aos demais. Verificou-se também, aumento no número de bactérias ao longo dos anos, independente do modelo adotado, mais acentuado em época de maior pluviosidade. A avaliação da chuva de sementes permitiu identificar 11 espécies florestais, independente do sistema. O sistema Taungya promoveu maior redução na massa seca das plantas daninhas. A partir da avaliação da regeneração natural, foram identificadas, em todos os sistemas, 15 espécies florestais, com uma densidade de aproximadamente 105 indivíduos/ha. O sistema Taungya apresentou maior custo de implantação e manutenção por quatro anos. Neste sistema, a receita obtida a partir da produção agrícola até o quarto ano, representou até 41% do custo total de implantação. Considerando a metodologia proposta pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), o sistema Taungya apresentou conceito satisfatório aos quatro anos. Os demais sistemas apresentaram conceito insatisfatório no mesmo período, indicando a necessidade de mais tempo para atingir as exigências mínimas estabelecidas pelo órgão estadual, ou a necessidade de revisão do manejo, visando à sua adequação aos parâmetros adotados pelo INEA, para finalização do Programa de Regularização Ambiental no Estado do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Nucleação, Taungya, Recuperação, Área degradada, Regeneração natural.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Tiago José Freitas, Forestry Engineer, D.S.c. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. February of 2018. Title: Models to Recover the Seasonal Semideciduous Atlantic Forest in the Riparian Zone of Rio Paraíba do Sul. Academic Advisor: Professor Deborah Guerra Barroso. Joint Supervisors: Dr. Aluísio Granato de Andrade and Professor Luciana Aparecida Rodrigues.

The transformation of tropical forests into agricultural areas and pastures is one of the main causes of deforestation. In this situation, there can be cited the South Paraíba Riparian Forests, located in the "Fluminense" northwest, whose enabling characteristics to the soil usage and occupation contributed to a recent transformation of its landscape into a degraded nature, even being the legislation in favor of preserving this ecosystem biodiversity and its water resources. This work objective was to verify the potentiality of different reforestation techniques and to observe their effects over a recovery plan for a riparian forest degraded area after four years implementing these techniques. The tested models of recovery were: (T1) Isolation/ Natural Regeneration; (T2) Traditional Tree Planting (TP); (T3) Taungya Agro-forestry System and (T4) Nucleation/Transposition of the Soil Seed Bank. The trial design used was random blocks, with four treatments and four repetitions. It was not observed differences in height and diameter of the forest component between the TP and the Taungya System. In the fourth year, it was observed wider tree crown areas in which it was used the Taungya System,

regardless the trees ecologic classification. After three and four years of plantation, the height, the crown and the cover area of the pioneer tree species were superior to the non-pioneer ones. Eight months after the experiment implementation, in the 0 to 10 cm layer of the soil, there were higher levels of P, K, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Organic Matter and higher pH, Sum of Bases, total CEC, effective CEC and Base Saturation in the Taungya System, when compared to the Isolation and Nucleation methods. In the fourth year of experiment, it was also found higher levels of Mg^{2+} , Ca^{2+} , P and higher Sum of Bases, total CEC, effective CEC in the Taungya System when compared to the other techniques. This behavior was more evident during raining periods. The Taungya System presented greater soil apparent density, although it was under the limiting values for production, and presented a higher number of bacteria per gram of soil when compared to the others. Also, over the years, regardless the model adopted, the amount of bacteria was larger, being greater during the raining periods, and the evaluation of the seed rain allowed the identification of eleven forest species. The Taungya System promoted a higher reduction of weed in the dry mass mixture. From the analysis of the natural regeneration, it was possible to identify, in all models, 15 forest species, with a density of 105 individuals per hectare. The Taungya System presented a higher cost of implementation and maintenance during the four years. In this technique, the income obtained from the agricultural production by the fourth year was around 41% of the total cost of implementation. Considering the proposed methodology by the State Institute for the Environment (INEA, in Portuguese), the Taungya System presented a satisfactory result throughout these four years. The other methods presented unsatisfactory results in the same period, indicating the need of more time to achieve the minimum requirements established by the state institute, or the need of revising the management, aiming its adequacy to the parameters adopted by INEA, to complete the Program for Environmental Regularization in the State of Rio de Janeiro.

Keywords: Nucleation, Taungya, Recovery, Degraded Area, Natural Regeneration.

1. INTRODUÇÃO

Considerado um bioma prioritário para conservação da biodiversidade global, a Mata Atlântica caracteriza-se por uma elevada diversidade e endemismo (Silva et al., 2015; Schindler et al., 2016; Silva et al., 2016). No entanto, é uma das florestas mais ameaçadas do mundo e um dos três ecossistemas mais vulneráveis às alterações climáticas (Castro et al., 2013; Bellard et al. 2014; Rezende et al., 2015). Segundo a Fundação SOS Mata Atlântica (2015a), após ininterruptos ciclos econômicos que levaram a cinco séculos de desmatamentos, a cobertura natural deste bioma, foi reduzida a menos de 15% do seu tamanho original. Sendo que a maioria da cobertura que permanece é formada por fragmentos isolados, pequenos e sem proteção (Lôbo et al 2011; Eisenlohr et al., 2015; Silva et al., 2016).

No estado do Rio de Janeiro este cenário não foi diferente, isso porque a Mata Atlântica originalmente cobria cerca de 98 % do seu território, mas hoje essa cobertura, muito fragmentada, se limita a menos de 30% (SOS, 2015a). Fragmentação que deu origem a pequenas áreas florestais dispersas, mais expressivas em áreas com relevo montanhoso, de difícil acesso e circundadas por extensas matrizes formadas de pastos, capoeiras, áreas agrícolas e áreas urbanas (Fundação SOS Mata Atlântica, 2015b). Segundo Coutinho (2012), a fragmentação desse bioma no Rio de Janeiro ocorreu devido à expansão da atividade cafeeira no período colonial e posterior uso para demais atividades

agropecuárias, extração de areia, expansão e também pelo desrespeito ou ignorância para com as leis ambientais vigentes.

Neste contexto destacam-se as Matas Ciliares às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense, que com suas características favoráveis ao uso e ocupação do solo foram bastante degradadas. Atualmente, encontram-se fragmentadas e desconectadas e representadas em sua quase totalidade por pequenas manchas florestais dispersas, circundadas por extensas matrizes formadas de pastos, monoculturas e áreas urbanas (Totti, 2008; Silva et al., 2016). Mesmo diante da legislação ambiental e da importância para a preservação do meio ambiente e da biodiversidade, estas áreas são frequentemente exploradas e ocupadas (Martins, 2007; Bagatini et al., 2012; Braghirolli et al., 2012; Oliveira et al., 2013; Chaves, 2014).

Consideradas Áreas de Preservação Permanente (Brasil, 2012), a vegetação localizada junto aos cursos d'água, é fundamental para a proteção e manutenção dos recursos hídricos e edáficos, além do que, desempenham funções ecológicas essenciais como abrigo e fonte de alimento para a fauna e conectividade em paisagens fragmentadas (Freitas et al., 2013; Castro et al., 2013; Reis et al., 2014; Botelho et al., 2015; Schindler et al., 2016).

Segundo Botelho et al. (2015), na maior parte das propriedades rurais do Brasil, as Matas Ciliares encontram-se reduzidas ou simplesmente não existem. Quando existem, encontram-se alteradas, com tamanho inferior ao mínimo estabelecido pela legislação (Brasil, 2012), fazendo com que sejam criadas demandas para a recuperação desses ambientes e adequação das propriedades rurais. A pressão exercida sobre essas áreas está ligada à expansão das fronteiras agrícolas e pecuárias, à construção de hidroelétricas, entre outros tipos de usos conflitantes que levam ao constante desmatamento desse ecossistema (Freitas et al., 2013; Oliveira et al., 2013; Botelho et al., 2015).

Muitas vezes, os distúrbios responsáveis pela degradação reduzem ou eliminam não somente a vegetação, mas também os processos e meios responsáveis por iniciar a regeneração, o que impede o retorno natural do ecossistema à condição inicial (Ferreira et al., 2010).

A recuperação florestal de ecossistemas degradados, dentre os quais se destacam as Matas Ciliares, ganhou força nas últimas décadas, principalmente diante da necessidade da adequação à legislação ambiental por parte de

segmentos como as propriedades rurais, empresas públicas e privadas (Resende e Leles, 2017). Segundo Oliveira e Engel (2011) a recuperação desses ecossistemas, abrange diferentes processos, que em muitas situações, busca-se apenas a estabilização das áreas e a reconstrução de suas funções. Tais processos são baseados em conceitos e metodologias distintas, que envolvem o plantio de espécies florestais, semeadura ou estímulo de regeneração natural.

O aspecto econômico, por exemplo, pode inviabilizar muitas iniciativas, uma vez que produtores rurais muitas vezes não têm como arcar com o elevado custo do processo de recuperação. Estudos em diferentes condições são fundamentais para gerar conhecimentos técnicos que possam evitar possíveis erros, que levam ao fracasso a recuperação dos plantios, com consequentes prejuízos econômicos (Rodrigues et al., 2007; Daronco et al., 2013; Botelho et al., 2015).

Os custos elevados envolvendo a recuperação florestal, da implantação até os três primeiros anos, variam de acordo com as condições do sítio, do relevo e principalmente em relação ao manejo adotado no controle de plantas daninhas, uma das principais dificuldades encontradas em programas de reflorestamento em áreas de pastagens no bioma Mata Atlântica (Resende e Leles, 2017). Essas plantas, frequentemente dos gêneros *Urochloa*, *Panicum* e *Andropogon*, estabelecem competição por água, luz e nutrientes às espécies arbóreas implantadas. O controle ineficiente nos três primeiros anos após o plantio é apontado como um dos principais fatores de insucesso de reflorestamentos com espécies nativas no estado do Rio de Janeiro e pode responder por até 60% do custo de formação dos povoamentos (Leles, et al., 2015).

Sendo assim, é necessário realizar estudos que possam elucidar as questões pendentes na ecologia envolvendo os projetos de recuperação, buscando principalmente a redução de custos e o envolvimento dos agricultores e proprietários rurais, a partir de técnicas eficazes (Brançalion et al. 2010, Durigan et al. 2010, Aronson et al. 2011; Botelho et al., 2015).

Diante desse panorama e considerando as características ambientais e socioeconômicas das propriedades rurais presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, região Noroeste Fluminense, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de técnicas de recuperação de uma Mata Ciliar degradada por atividades agropecuárias, pelo viés do crescimento das

espécies arbóreas, qualidade do solo, viabilidade técnica e econômica, cobertura das áreas e regeneração natural, utilizando para tanto técnicas e capacidade de regeneração natural da área.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Verificar o potencial de diferentes técnicas e avaliar os efeitos sobre a recuperação de um trecho degradado de Mata Ciliar às margens do Rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense, após quatro anos da implantação de modelos baseados no plantio de espécies arbóreas em Plantio Convencional e em consórcio com espécies agrícolas (Taungya) e em técnicas de regeneração natural (Nucleação e Isolamento da área).

Contribuir com o desenvolvimento de tecnologias para recuperação de áreas ciliares degradadas do rio Paraíba do Sul, na região Noroente Fluminense.

2.2. Objetivos Específicos

1. Determinar os custos das técnicas de Plantio Convencional de espécies arbóreas, Sistema Taungya, Transposição do banco de sementes do solo (Nucleação) e Isolamento da área (regeneração natural), bem como o retorno econômico do sistema consorciado e a amortização dos custos aos longos dos anos;

2. Avaliar a qualidade química, física e biológica do solo sob quatro modelos de revegetação adotados;

3.. Avaliar a capacidade dos modelos em promover a regeneração natural de espécies arbustivas e arbóreas;

4. Avaliar o crescimento das espécies arbóreas em Plantio Convencional e em consórcio (Sistema Taungya);

3. HIPÓTESES

Investigam-se as seguintes hipóteses:

1. A composição de grupos ecológicos e de espécies utilizadas no sistema de Plantio Convencional e em consórcio com espécies agrícolas, no sistema Taungya, influenciam de forma diferente a recuperação de matas ciliares;
2. O sistema Taungya favorecerá o crescimento das espécies florestais, com cobertura mais rápida da área de plantio;
3. O sistema Taungya permitirá amortização dos custos de implantação e manutenção e poderá ainda gerar renda aos produtores rurais;
4. As técnicas de Regeneração Natural e Nucleação, por meio da transposição do banco de sementes do solo, são efetivas na recuperação de matas ciliares, com baixo custo.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. A legislação ambiental brasileira e as Matas Ciliares

O Brasil apresenta um dos maiores índices de diversidade biológica do mundo, abrigando pelo menos 20% das espécies do planeta. Isso implica em uma maior responsabilidade no que diz respeito à conservação dos recursos naturais (Silva et al., 2011).

A conservação e a manutenção desses recursos, assim como da biodiversidade, possibilitam que os serviços ambientais prestados pela natureza como a ciclagem de nutrientes, a proteção das bacias hidrográficas, o sequestro de carbono, a amenização dos fenômenos do clima, a geração de solos férteis, o controle de erosão, e a disponibilidade e qualidade da água continuem ocorrendo de forma equilibrada (Bicalho et al., 2010; Silva et al., 2011; Neves et al., 2014; Ribeiro e Freitas, 2014; Brancalion et al., 2016). Reconhecendo essa importância, a legislação brasileira tem caminhado no sentido de tornar mais efetivos os mecanismos legais de proteção ao meio ambiente (Nascimento et al., 2014).

Os primeiros conceitos e mecanismos legais surgiram desde o Brasil Colônia, modificando gradativamente até a aprovação recente da nova lei de proteção da vegetação nativa (Lei nº 12.651/2012). Segundo Resende (2006) a evolução desses mecanismos legais divide-se entre a fase Colonial, Imperial e Republicana.

Durante a fase Colonial, as ações tinham motivação de segurança territorial e controle econômico, no entanto, geraram alguma conservação ambiental (Nascimento et al., 2014). Segundo Roriz e Fearnside (2015), o precursor do primeiro Código Florestal Brasileiro e a primeira legislação a tratar da proteção de florestas no país foi o regimento sobre o pau-brasil de 1605, que versava exclusivamente sobre a conservação desta espécie.

O período Imperial, no que se refere aos termos ambientais, foi marcado pela expansão do setor agrícola, predominando os grandes latifúndios e monoculturas, além disso, persistiram os grandes desmatamentos (Resende, 2006).

Durante o período Republicano, em um primeiro momento, houve uma crescente preocupação com o meio ambiente. Um dos reflexos mais relevantes foi a criação do Serviço Florestal do Brasil em 1921.

Em 1934, através do Decreto nº 23.793/1934, entra em vigor o primeiro código florestal brasileiro que, de forma inovadora, classificou as florestas em protetoras, remanescentes, modelo e de rendimento.

Tal decreto, teve o objetivo de mitigar a expansão desenfreada da agricultura sobre a vegetação nativa em áreas de grande importância ambiental, como margens de rios e mananciais, ao mesmo tempo em que buscava a regulamentação da exploração, da conservação e da recuperação da vegetação nativa (Nascimento et al., 2014; Brancalion et al., 2016). Segundo Borges et al. (2011), este código pode ser considerado conservacionista, uma vez que incorporava não só os princípios de proteção das vegetações, como também dos recursos hídricos e áreas frágeis.

Buscando aprimorar o código de 1934, a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, destaca-se como um dos marcos mais significativos na evolução do direito ambiental (Nascimento et al., 2014), criando uma versão mais efetiva e objetiva do Código Florestal, com critérios mais claros para a conservação e o uso racional da vegetação nativa em propriedades rurais (Brancalion et al., 2016), além de ser tratado como uma nova alternativa para evitar maiores perdas econômicas e ambientais (Ribeiro, 2011). Criado sob a premissa da proteção ao meio ambiente, o código de 1965 só se tornou efetivo na década de 90, devido à criação de normas correlatas e ao crescente apelo ambiental (Borges et al., 2011, Ribeiro, 2011).

Segundo Siqueira (1993), este código definiu claramente a linha de proteção e de conservação para os recursos florestais brasileiros. A primeira estabeleceu as florestas de preservação permanente (hoje classificado como Áreas de Preservação Permanente – APPs), Reserva Legal e as áreas de uso indireto (Parques Nacionais e Reservas Biológicas). A segunda buscou promover o uso racional, ou seja, a exploração das florestas plantadas e nativas vinculando o consumo à reposição florestal, o uso múltiplo através da exploração das áreas públicas (Florestas Nacionais) e privadas e, finalmente, pelo incentivo ao reflorestamento por meio de deduções fiscais.

Segundo Borges et al. (2011), o Código Florestal de 1965, por considerar as florestas bens de interesse comum e limitar o uso da propriedade rural, tornou-se um instrumento importante para disciplinar a atividade florestal e, ao mesmo tempo, definiu e caracterizou as áreas de preservação, visando à sua proteção, e a reserva legal, responsáveis por conservar a existência das formações vegetais e garantir a manutenção dos seus processos ecológicos (Roriz e Fearnside, 2015).

Para Sparovek et al. (2010), o aprimoramento da legislação que governa o uso, a conservação e a recuperação de ecossistemas nativos em propriedades rurais é muito importante, tendo em vista que essas propriedades ocupam cerca de 80% do território brasileiro. Além do que, 53% da vegetação nativa remanescente no país se encontram nas propriedades rurais, e não dentro de unidades de conservação (Soares-Filho et al., 2014). No caso da Mata Atlântica, bioma mais degradado do país, 90% da vegetação remanescente estão presentes nessas propriedades rurais (Ribeiro et al., 2009).

Diferente das versões anteriores, a Lei Florestal de 2012 surge com base na premissa de assegurar o desenvolvimento econômico (Rebelo, 2010), ao mesmo tempo em que busca legalizar as irregularidades devido ao não cumprimento da lei anterior (Sauer e França, 2012). Enquanto a lei de 1965 e suas alterações posteriores promoveram restrições importantes ao uso dos recursos florestais, a legislação atual alterou as regras de proteção ambiental para as propriedades privadas e incorporou mecanismos que visam auxiliar a regularização fundiária (Roriz e Fearnside, 2015).

Intitulada oficialmente Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN), o código florestal de 2012, apresenta algumas mudanças importantes,

principalmente no que diz respeito às definições de Reserva Legal (RL) e Área de Preservação Permanente (APPs), além de permitir o uso de maiores extensões de terras pelo proprietário rural e pelo poder público em determinadas situações, ao mesmo tempo em que incorporou o Cadastro Ambiental Rural e o Programa de Regularização Ambiental (Brasil, 2012).

No entanto, segundo Brancalion et al. (2016), ainda não é possível afirmar como será a aplicação do novo código florestal, fato que aumenta a preocupação de grande parte da sociedade, principalmente no que diz respeito à possível perda de vegetação nativa, proporcionada pela redução na necessidade de recuperação em decorrência das novas regras. Os produtores rurais, por exemplo, que poderão ser obrigados a usar parte de suas terras produtivas para recompor a vegetação nativa suprimida, com recursos financeiros próprios, têm grande receio de que suas propriedades se tornem inviáveis.

Ao mesmo tempo, é importante destacar que reduções adicionais de vegetação nativa podem prejudicar a manutenção de outros serviços ambientais, como a purificação da água, proteção do solo, polinização de espécies agrícolas e a regulação do clima, além de expandir e agravar problemas ambientais como falta de água, deslizamentos de encostas, inundações e secas (Bicalho et al., 2010; Silva et al., 2011; Fonseca et al., 2013; MIN, 2014; Peres, 2016). Diante desse panorama é fundamental garantir que a lei seja aplicada de acordo com os avanços científicos e tecnológicos, e que seja alinhada às políticas públicas com objetivo de fomentar sua a implantação e aplicação e com isso evitar os erros da legislação anterior (Peres, 2016).

Além da nova LPVN, que define as formações ciliares e aponta alternativas para o uso dessas áreas, como a adoção dos Sistemas Agroflorestais (SAFs), em áreas já consolidadas, visando sua recuperação e, ao mesmo tempo, retorno econômico para produtores rurais, é importante ressaltar instruções normativas e resoluções, que fazem parte da legislação ambiental brasileira, como a instrução normativa nº 5, de 08 de setembro de 2009, do Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2009), que também permite a adoção dos SAFs na recuperação de áreas de preservação permanente e define requisitos e procedimentos para implantação destes sistemas como indutor da recuperação de APPs em propriedades rurais; e a resolução Conama nº 429, de 28 de fevereiro de 2011 (Conama, 2011), que dispõe sobre metodologias de

recuperação de APPs. Tal resolução, aliada à permissão de adoção dos SAFs na recuperação de áreas degradadas, admite o cultivo de espécies herbáceas ou arbustivas exóticas de adubação verde ou espécies agrícolas exóticas ou nativas, até o quinto ano da implantação da atividade de recuperação, como estratégia de manutenção dessas áreas.

Em nível estadual, é importante destacar que o estado do Rio de Janeiro, em termos de recuperação florestal de ecossistemas degradados, possui normatizações, não só para elaboração como para monitoramento do desempenho ao longo do tempo. Sendo assim, a resolução do Instituto Estadual do Ambiente (Inea), nº 89, de 3 de junho de 2014 (Inea, 2014), dispõe sobre as proporções mínimas aplicáveis para reposição florestal e intervenções em áreas APPs, bem como aponta as diretrizes para as etapas de implantação, manejo, manutenção e monitoramento.

Ainda no que diz respeito ao monitoramento e à avaliação dos projetos de recuperação florestal no estado do Rio de Janeiro, em 12 de julho de 2017, o Inea instituiu o Sistema Estadual de Monitoramento e Avaliação da Restauração Florestal (SEMAR) e estabelece orientações, diretrizes e critérios sobre elaboração, execução e monitoramento de projetos de recuperação florestal no estado do Rio de Janeiro (Resolução INEA Nº 143/2017). Segundo o Inea, o objetivo da SEMAR é integrar todas as iniciativas voltadas para a recuperação florestal, passando pelo monitoramento, parametrização, certificação e quitação dos compromissos de recuperação florestal executados no Estado. Com base nos índices a serem utilizados como indicadores da qualidade do povoamento (Inea, 2017), o instituto estadual do meio ambiente, propôs uma calculadora virtual, chamada de “Restauradora”, que permite ao reflorestador avaliar a qualidade de seu povoamento e se este está ou não de acordo com a expectativa para a área.

Devido aos diversos desafios envolvendo recuperação florestal da Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro, com 30,7 % de remanescentes (SOS, 2015), torna-se fundamental a integração dos atores envolvidos nos compromissos e na implantação de projetos, incluindo a sociedade organizada e interessada em contribuir no aumento de escala e da qualidade das florestas fluminenses.

4.2. As Matas Ciliares e suas funções ecológicas

Diferentes termos são utilizados para denominar as formações vegetais que ocorrem ao longo dos cursos de água: matas ciliares, florestas ripárias, matas de galeria e florestas ribeirinhas, entre outros (Neves et al., 2014). Segundo Castro et al. (2013), esse ecossistema pode ser compreendido como sistemas florestais estabelecidos naturalmente em faixas às margens dos rios e riachos, no entorno de lagos, represas e nascentes. Caracterizam-se como um ambiente de transição entre os corpos d'água e as áreas circundantes, formando um ambiente de interação entre os componentes terrestres e aquáticos (Camporeale et al., 2013).

Segundo Rodrigues (2000), tais formações florestais podem ser classificadas em três tipos, de acordo com o regime de encharcamento do solo, podendo sofrer influência fluvial permanente, sazonal ou não sofrer influência fluvial. Sendo assim, principalmente devido a essa influência sazonal e também devido à sua ocorrência em gradientes de transição, entre corpos d'água e terra firme, as Matas Ciliares são facilmente influenciadas pela topografia, flutuações do lençol freático e por condições climáticas (Camporeale et al., 2013).

Este ambiente heterogêneo é o principal responsável pela riqueza florística e elevada diversidade de espécies vegetais e animais (Schindler et al., 2016). Ao mesmo tempo, exercem influência sobre processos hidrológicos, aumentando a infiltração e percolação, diminuindo o escoamento superficial e dissipando energia das gotas da chuva sobre a superfície do solo, prevenindo o processo de erosão e garantindo a manutenção da fertilidade do solo (Albuquerque et al., 2010; Poletto et al., 2010; Castro et al., 2013; Sweeney e Newbold, 2014). Também é importante o seu funcionamento como corredores ecológicos, favorecendo a sobrevivência e o fluxo gênico entre populações de plantas e animais (Silva, et al., 2011; Camporeale et al., 2013; Neves et al., 2014). São ainda importantes para melhorar a qualidade da água e diminuir os efeitos da poluição aérea e hídrica, gerar e manter todos esses serviços ambientais e ecossistêmicos (Albuquerque et al., 2010; Silva, et al., 2011; Capão et al., 2013; Brancalion et al., 2016).

Segundo Brancalion et al. (2016), a remoção e/ou redução da proteção promovida pela vegetação nativa presente nas áreas ciliares, bem como a

alteração das suas funções ambientais a partir da degradação e fragmentação desses ambientes, pode expandir e agravar problemas observados em diversas regiões brasileiras, como falta d'água, deslizamentos de encostas, inundações e secas. Concomitantemente, podem alterar significativamente as características físicas, químicas e biológicas, assim como a estrutura e função desse ecossistema (Sweeney e Newbold, 2014). O isolamento da vegetação ciliar nativa, por exemplo, está diretamente relacionado à extinção de espécies vegetais e animais (Ribeiro e Freitas, 2014).

Segundo Roriz e Fearnside (2015), a medida ideal da faixa de vegetação nativa ao longo dos cursos d'água varia de acordo com a sua função, localização, características geológicas e características da bacia hidrográfica. De acordo com diferentes estudos (Silva Júnior, 2001; ANA, 2010; Sweeney e Newbold, 2014; Ramos e Anjos, 2014), o tamanho da faixa ciliar ideal para cada função desempenhada por este ecossistema é superior aos valores exigidos para a recomposição e aos 30 metros considerados áreas de preservação permanente pela legislação atual.

Sob a ótica da hidrologia florestal, as Matas Ciliares ocupam as áreas mais dinâmicas da paisagem, tanto em termos hidrológicos, como ecológicos e geomorfológicos (Lima e Zakia, 2000). Ainda segundo esses autores, devido a este elevado dinamismo, a vegetação que ocupa normalmente este ambiente, geralmente apresenta uma alta variação em termos de estrutura, composição e distribuição espacial.

Diante dessa heterogeneidade, as plantas que ocupam as Matas Ciliares, também conhecidas como plantas ribeirinhas, possuem características que lhes permitem se adaptar às diferentes condições ambientais presentes neste ecossistema (Karrenberg et al., 2002). Dentre essas características destacam-se a elevada capacidade de produção de sementes, com diferentes síndromes de dispersão; a capacidade de rebrotar após quebra; e, principalmente, a tolerância às condições ambientais extremas, como a inundação e as queimadas (Rood, 2006).

Sobre o ponto de vista ecológico, vale destacar que as Matas Ciliares têm sido consideradas como corredores extremamente importantes para o movimento da fauna ao longo da paisagem, assim como para a dispersão vegetal. Além das espécies tipicamente ribeirinhas, nelas ocorrem também espécies típicas de terra

firme, caracterizando essa vegetação como fonte importante de sementes para o processo de regeneração natural (Silva et al., 2011; Camporeale et al., 2013; Neves et al., 2014; Ramos e Anjos, 2014).

Todavia, ainda que protegida por leis e tendo sua importância reconhecida, as comunidades vegetais associadas a cursos d'água encontram-se degradadas, devido à remoção da sua cobertura para implantação de atividades agropecuárias e dos avanços desordenados das fronteiras agrícolas. Esses avanços se caracterizam pela ineficiência ou falta de planejamento ambiental, ao mesmo tempo em que não se priorizam a delimitação de áreas para a agricultura e áreas destinadas para preservação, responsáveis pela promoção de serviços ecológicos, ambientais e preservação da biodiversidade, características que mais uma vez justificam a conservação e recuperação desse ecossistema (Rodrigues et al., 2011; Garcia et al., 2015).

4.3. Aspectos ecológicos da recuperação de áreas degradadas

A reconstrução das funções de um ecossistema degradado, engloba diferentes processos, fundamentados em conceitos e metodologias distintas, que envolvem desde a implantação de um sistema monoespecífico até a busca por elevada diversidade de espécies, ou o restabelecimento através de processos ecológicos (Oliveira e Engel, 2011).

Diferente das práticas utilizadas no passado, marcada por empirismos, objetivos restritos de controle de erosão, estabilização de taludes e melhoria visual, o foco na recuperação florestal, cujo principal objetivo é a recuperação de ecossistemas degradados, iniciou-se no Brasil a partir da década de 1980, frente a uma reação ao processo de degradação ambiental recorrente no país (Martins, et al., 2012).

Ao mesmo tempo, foi observada uma mudança na forma de se fazer recuperação, embasada nos aspectos da sucessão ecológica. Com isso, projetos estritamente agrônômicos e silviculturais vêm sendo substituídos por projetos com enfoque na ecologia vegetal e ecologia da recuperação, com prioridade para a recuperação e maximização da resiliência dos ecossistemas, favorecendo, com isso, os mecanismos naturais de reação da natureza (Durigan et al., 2010; Aronson et al., 2011; Martins, et al., 2012; Martins, 2013).

Segundo Pereira et al. (2015), a recuperação de ecossistemas não deve ter a pretensão de refazer uma floresta exatamente igual à que existia antes, mas, sim, introduzir no campo uma composição de espécies, bem como modelos de recuperação, de tal forma que forneça condições para que essa nova comunidade tenha maior probabilidade de ser sustentável.

Dentro dessa premissa, por meio de pesquisas e iniciativas de recuperação, muito se têm buscado otimizar a recuperação através da própria capacidade do meio ambiente em se regenerar, tendo como base os processos ecológicos que ocorrem na regeneração natural. Essa nova frente de estudos e procedimentos de recuperação florestal, vem ao encontro das questões de qualidade da recuperação bem como sua aplicabilidade (Bechara, 2007; Tres et al., 2007; Marcuzzo et al., 2013; Zahawi et al., 2013; Bechara et al., 2016).

A recuperação de um ecossistema degradado deve buscar restabelecer a integridade ecológica desse ecossistema, a partir de sua estabilidade e resiliência (Moraes et al., 2010). Diante disso, a trajetória adequada da recuperação busca a retomada, mesmo que em longo prazo, das funções do ecossistema, seus processos ecológicos, a diversidade de organismos e o recobrimento do solo. Tenta-se alcançar estas etapas pelo restabelecimento da regeneração, pelo plantio de mudas, por técnicas nucleadoras, eliminação de espécies invasoras, estimulando a ciclagem de nutrientes, presença da fauna e agentes polinizadores, bem como o curso da dinâmica sucessional e o incremento da biodiversidade (Resende e Leles, 2017).

A resiliência é definida como a capacidade de um ecossistema de retornar ao seu estado original após um distúrbio (Restauração Ecológica, 2011). Sendo assim, para a elaboração de um plano para recuperação de áreas degradadas, bem como a definição das melhores técnicas, é recomendado a realização prévia de um diagnóstico ambiental. Este diagnóstico busca identificar as condições do sítio a ser restaurado, ou seja, seu uso atual, histórico de degradação e as características do ecossistema original (Moraes et al., 2010), bem como as condições ecológicas das áreas, aspectos da paisagem regional, disponibilidade de mudas e sementes, além dos fatores econômicos e sociais (Martins, 2007).

Contudo, restaurar um ecossistema florestal, restabelecer sua estabilidade e integridade ecológica não é uma meta fácil de ser alcançada (Chazdon, 2008). Segundo Bechara et al. (2016), a escolha do método mais

adequado para cada situação depende dentre outros fatores das características de cada sítio, por isso é tão importante avaliar o estado inicial de degradação, o potencial de regeneração de cada ambiente, traçar os resultados desejados, inferir o tempo necessário para que a recuperação ocorra e analisar as restrições financeiras.

Sendo assim, diferentes resultados podem ser alcançados, a depender, principalmente, do potencial de regeneração de cada sítio e das abordagens adotadas (Rodrigues et al., 2009). Ao mesmo tempo, é importante destacar que a definição da técnica mais indicada também depende dos objetivos a serem alcançados com a recuperação de um ecossistema degradado. A utilização da técnica inadequada, bem como a realização de intervenções desnecessárias, a depender do potencial de regeneração de cada área, podem sobrecarregar a capacidade de recuperação inerente ao ecossistema, desviando a sua trajetória de recuperação em direção a um estado indesejável, com ecossistemas uniformes ou até mesmo degradados, onde a diversidade funcional e estrutural é reduzida (Bechara et al., 2016).

Diante do exposto, os diferentes modelos adotados na recuperação de ecossistemas degradados podem ser classificados em intervencionistas e não intervencionistas (Mitchell et al. 2000). As técnicas não intervencionistas ou que necessitam de intervenções fundamentadas nos processos relativos à regeneração natural, como o isolamento da área e as técnicas nucleadoras, se caracterizam basicamente por combater os agentes de degradação e auxiliar a retomada dos processos naturais que regem a recuperação, ou seja, buscam promover os mecanismos de sucessão dentro da área degradada e por isso são menos impactantes. Diante dessas características é importante ressaltar que são dependentes de remanescentes florestais próximos (fontes de propágulos), de um banco de sementes que possa fornecer elementos de regeneração para a área degradada, bem como de espécies cuja dispersão seja capaz de promover a comunicação entre os remanescentes, dentre outros fatores (Tomazi et al., 2010; Boaneres e Azevedo, 2014; Bechara et al., 2016).

Por outro lado, as técnicas intervencionistas, também consideradas técnicas de regeneração artificial, tais como o plantio de mudas, seja em área total ou como forma de adensamento e enriquecimento, bem como os sistemas agroflorestais e a técnica de semeadura direta, necessitam de ações mais diretas

e manejos mais intensos, como o preparo e limpeza da área, adubações, abertura de covas, capina e roçadas na linha e nas entrelinhas de plantio. Para essas técnicas, além da eliminação das barreiras à regeneração, são fornecidos propágulos, seja na forma de mudas ou sementes (Rodrigues e Gandolfi, 2004)

Em princípio, o melhor modelo a ser empregado em um projeto de recuperação de vegetação nativa será o que atenda ou recomponha as condições naturais antes existentes naquele ambiente. No que se refere à escolha das espécies, utilizadas nos plantios em área total, adensamento, enriquecimento, bem como nos sistemas agroflorestais, é importante considerar a atuação destas como catalisadores da sucessão ecológica exercendo, por exemplo, a função de atração da fauna dispersora de sementes, dentre outros processos relacionados à sucessão ecológica (Moraes et al., 2010). Ao mesmo tempo, a escolha das espécies a serem plantadas, deve considerar os estudos florísticos da região de origem das matrizes, onde as condições climáticas, solo, umidade, determinadas pela hidrografia e topografia, sejam semelhantes às da área a ser restaurada.

Segundo Pereira et al. (2015), a recuperação de ecossistemas degradados, deve apresentar como base os modelos de facilitação e inibição, propostos por Connell e Slatyer (1997). Primeiramente é importante saber o que usar no plantio ou qual técnica deve ser utilizada, buscando favorecer o processo de sucessão do ecossistema degradado. Por outro lado, é importante evitar o plantio ou eliminar do sistema espécies com a capacidade de inibir a colonização das espécies de interesse, como por exemplo as gramíneas invasoras, responsáveis por inibir a colonização de áreas degradadas por meio da competição por recursos como luz, água e nutrientes.

Diante do exposto é importante destacar que para o sucesso da recuperação de áreas degradadas se faz necessário encontrar e utilizar princípios ecológicos e silviculturais. Buscam-se então, por meio do conhecimento científico, métodos eficazes para melhorar e nortear os modelos de recuperação, dentre estes conhecimentos encontram-se a florística; a fotointerpretação; a fitossociologia com estrutura e dinâmica de populações, a auto-ecologia e biologia das espécies; assim como aspectos silviculturais por meio de coleta de sementes, produção de mudas e procedimentos adequados em plantios (Martins et al., 2015).

4.4. Definição das estratégias, indicadores e técnicas para recuperação

Atualmente, as técnicas e metodologias que buscam a recuperação florestal visam à maximização da resiliência potencial do ambiente em estudo, cujos objetivos consistem na tentativa de favorecer os mecanismos naturais que permitem a reação da natureza (Martins et al., 2015).

Sendo assim, a melhor técnica a ser utilizada em projetos de recuperação de vegetação nativa, será aquela que conseguir atender e recompor as condições naturais existentes no ambiente antes da sua degradação, respeitando as condições e características da paisagem local (Oliveira et al., 2014).

Segundo Martins (2007), o sucesso de uma técnica na recuperação de ambientes degradados deve ser avaliado por meio das metas a serem alcançadas e indicadores de recuperação, onde será possível definir se o projeto necessita sofrer novas interferências ou até mesmo ser redirecionado, visando assim, a acelerar o processo de sucessão e a recuperação de suas funções.

Portanto, metas baseadas na reconstrução de um ecossistema autossustentável, estável e resiliente devem ser incluídas no planejamento da recuperação, com o objetivo de aumentar a sucessão natural, possibilitando o restabelecimento da biodiversidade, com estrutura mais próxima possível das comunidades naturais (Lima et al., 2015).

A partir do monitoramento e da avaliação dos indicadores, ao longo do tempo, é possível confirmar o reestabelecimento dos processos ecológicos nas áreas restauradas, o que auxilia no planejamento ambiental e nas decisões futuras (Pacto, 2009).

Segundo Lima et al. (2015), entre os indicadores mais utilizados encontram-se aqueles avaliados por meio da cobertura do solo, estratificação, fitofisionomia e a presença de espécies lenhosas invasoras. Estes indicadores representam os parâmetros ecológicos mais importantes e ao mesmo tempo indicam a qualidade da área em recuperação, independentemente da técnica (ou estratégia) utilizada para a recuperação. Por outro lado, podem ser utilizados indicadores para monitorar os parâmetros ecológicos com o propósito de se avaliar o grau de retorno dos processos ecológicos nos projetos de recuperação. Dentre os quais destacam-se: banco e chuva de sementes, mortalidade de mudas, riqueza ou mortalidade de espécies, avaliação de parâmetros quanto à

altura e ao diâmetro dos indivíduos plantados, regeneração natural, características dos microrganismos, juntamente com as propriedades físicas e químicas do solo.

Diante do exposto, é importante destacar a importância das condições de cada sítio, no que se refere à escolha do método de recuperação, bem como dos objetivos e metas que se deseja alcançar. Ao mesmo tempo, o monitoramento e a avaliação dos indicadores ecológicos apresentam-se como parte do processo em qualquer projeto de recuperação que busque a sustentabilidade dos recursos naturais (Bechara et al., 2016).

4.4.1. Regeneração natural como técnica de recuperação

De acordo com NBL (2013), a regeneração natural consiste em todo e qualquer tipo de espécie vegetal nativa (ervas, arbustos, árvores) que surge naturalmente e se desenvolve nas áreas-alvo de recuperação.

Neste sentido, buscando promover o reestabelecimento da biodiversidade em uma área degradada é preciso inicialmente, antes da implantação de qualquer ação, identificar os fatores de degradação e promover o isolamento da área destes fatores (NBL, 2013). Dessa forma, evita-se o desperdício de esforços e recursos. A partir do isolamento, considerando condições mínimas que favoreçam a chegada e desenvolvimento de propágulos, bem como da emergência de espécies contidas no banco de sementes, a vegetação nativa tem condições para se desenvolver, aumentando a eficiência da recuperação e, conseqüentemente, reduzindo custos associados a essa atividade (Souza et al., 2012; Martins, 2013; Oliveira, E. B., 2014).

Segundo Stella et al. (2012), os fatores responsáveis pela degradação dos ecossistemas florestais estão relacionados com o trânsito de animais, veículos, máquinas e implementos agrícolas, bem como com fatores inerentes à recorrência de incêndios, extração de madeira, caça, desmatamento, limpeza ou manutenção de áreas agropecuárias, deriva de herbicidas, barramento de cursos d'água, entre outros.

Após o isolamento da área, para que a regeneração natural ocorra, é necessário que o processo de sucessão se inicie, caracterizado pela sequência de comunidades vegetais, animais e microrganismos, que sucessivamente vão

ocupando a área ao longo do tempo (Restauração Ecológica, 2011). A sucessão depende da resiliência de cada área e tem início a partir da fonte de propágulos disponível no ambiente, como por exemplo, o banco de sementes, chuva de sementes e a dispersão dessas sementes, proporcionada por diferentes agentes dispersores da vegetação natural adjacente (Uriarte et al. 2011; Török, et al., 2011). Segundo Gonzaga (2016), estes mecanismos se relacionam diretamente com a recuperação de áreas degradadas, uma vez que subsidiam o progresso, em termos de regeneração natural, que em muitos casos, apresenta-se como uma das alternativas mais promissoras, em função de aspectos ecológicos, econômicos e silviculturais.

Para Durigan e Engel (2012), por exemplo, em muitos contextos é possível contar apenas com a resiliência do ecossistema e a recuperação acontecerá naturalmente. Por outro lado, Magnago et al. (2012) afirmam que a recuperação de áreas degradadas por meio de processos sucessionais ocorre desde que a matriz onde estão inseridas seja permeável à fauna e contenha fragmentos adjacentes. Neste contexto, Martins et al. (2012) também afirmam que a recuperação florestal a partir do isolamento da área, pode depender apenas da regeneração natural, uma vez que o enriquecimento com espécies nativas tende a ser natural com o decorrer do tempo.

Em contrapartida, estudos recentes demonstraram que a ausência de condições favoráveis, como por exemplo em paisagens com elevada fragmentação e baixa resiliência, dificultam ou impedem a recuperação a partir da regeneração natural (Gaertner et al., 2012; Ruwanza et al., 2013).

A técnica traz como vantagem a ocupação do local com espécies de ocorrência regional e geneticamente adaptadas, conferindo maior diversidade florística e genética das formações florestais em recuperação, o que garante maior probabilidade de sucesso (NBL, 2013) e ao mesmo tempo, apresenta custo reduzido, por exigir menos mão de obra e insumos, quando comparada aos métodos de ativos de regeneração (Rezende et al., 2015; Bechara et al., 2016; Cava et al., 2016).

O seu sucesso dependerá, dentre outros fatores, do grau de perturbação e histórico de uso da área, seu estado de conservação e do tipo de matriz do entorno (Rodrigues et al., 2007; Cury e Carvalho Junior, 2011; Valdez-Hernández et al., 2014; Correia e Martins, 2015). Isso porque algumas barreiras, tais como

solo compactado, presença de erosão, invasão de gramíneas agressivas e ausência de matas preservadas próximas, podem dificultar o sucesso da regeneração natural a partir do isolamento da área (Cury e Carvalho Junior., 2011; Magnago et al., 2012; Martins, et al., 2012; Kunz et al., 2014).

Segundo Oliveira (2014), a aplicação dos modelos baseados na regeneração natural, como o isolamento, também depende do monitoramento dos indivíduos regenerantes, o que vai possibilitar a identificação do estágio geral e a evolução do processo. Na maioria dos trabalhos consultados verifica-se que nas áreas com maior cobertura de gramíneas agressivas, a regeneração natural ocorre de forma mais lenta, devido à baixa densidade de indivíduos regenerantes (Rodrigues et al., 2011; Arantes et al., 2012; Souza et al., 2012; Botelho et al., 2015). Diante desse panorama, se faz necessário a condução dessa comunidade regenerante, com uso de tratamentos silviculturais, tais como coroamento, adubação e controle de formigas, visando a favorecer o desenvolvimento dos indivíduos regenerantes (NBL, 2013; Botelho et al., 2015).

Outro fator que merece destaque é distância entre a área a ser restaurada e os fragmentos remanescentes, que deve ser considerada como fator limitante na chegada de sementes e estabelecimento de novas espécies nas áreas em recuperação (Davide e Botelho, 2015). Segundo Ferreira et al. (2010), uma distância de até 75 metros entre as áreas em questão, não afetou a densidade de plantas e riqueza de espécies regenerantes em um processo de recuperação em uma área degradada. Soares (2012), avaliando diferentes modelos de implantação de matas ciliares em margens de reservatórios, constatou uma baixa diversidade e densidade de regeneração em área plantada com baixa diversidade de espécies, distante do fragmento mais próximo a cerca de 1,5 km, evidenciando que em paisagem isolada a chegada de propágulos é dificultada. Rezende et al. (2015), com base em um estudo realizado no município de Trajano de Moraes, localizado no Estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil, sugerem que o tamanho dos fragmentos florestais é determinante na regeneração avaliada no município em questão, sendo que a recuperação florestal avaliada foi mais evidente nos primeiros 180 metros de distância dos fragmentos mais velhos, limite semelhante ao encontrado em outros estudos na Mata Atlântica. Isso confirma a importância da presença de remanescentes florestais como fontes de propágulos,

no aumento da riqueza de espécies, número de indivíduos e biomassa nas áreas em regeneração (Rezende et al., 2015; Robinson et al 2015).

4.4.2. Técnicas nucleadoras

Assim como o isolamento da área, as técnicas nucleadoras também se fundamentam nos mecanismos naturais da sucessão e por isso dependem do potencial de regeneração de cada local a ser restaurado, sendo preferencialmente indicada para áreas com pequenos níveis de perturbação, onde o banco de sementes, a germinação de plântulas e a chuva de sementes estão presentes (Tomazi et al., 2010; Boanares e Azevedo, 2014; Bechara et al., 2016).

Sendo assim, concentrar os estudos nos processos ecológicos, como a sucessão, auxiliam na definição de estratégias e métodos a serem utilizados de acordo com as especificidades locais da área degradada, buscando sempre a formação de comunidades e ecossistemas restaurados que sejam biodiversos e que se autoperpetuem (Gandolfi e Rodrigues, 2013; Reis et al., 2014).

No entanto, segundo Bechara et al. (2007), iniciar um processo de sucessão semelhante aos processos naturais é um desafio. Principalmente no que se refere aos ecossistemas tropicais que apresentam uma taxa muito variável de recuperação, a partir da regeneração natural. Em determinada situação a recuperação da estrutura desses ecossistemas pode acontecer de forma rápida e sem intervenções, mas em outros casos pode demorar muitos anos e por isso, intervenções se fazem necessárias (Bechara et al., 2016).

Diante desse contexto, destacam-se as técnicas nucleadoras, que segundo Reis et al. (2003), podem atuar em todos os níveis de diversidade nos processos sucessionais envolvendo solo, produtores, consumidores e decompositores. Consideradas de baixo custo (Bechara et al., 2007; Tres et al., 2007; Miranda Neto et al., 2010; Filho et al., 2013; Reis et al., 2014; Bechara et al., 2016), as técnicas nucleadoras aplicadas no Brasil assumem uma abordagem integrada, pois podem combinar vários modelos (Reis et al. 2003; Reis et al., 2010; Vogel et al., 2016).

Proposta por Yarranton e Morrison (1974), é uma técnica fundamentada na teoria sucessional, que visa formar microhabitats a partir de núcleos, propícios a abertura de uma série de processos necessários para a regeneração natural,

como a chegada de espécies vegetais de todas as formas de vida e formação de uma rede de interações entre os organismos (Bechara, 2006). Ao mesmo tempo, nesses microhabitats são formadas condições mínimas de atratividade, como abrigo, alimentação e local de reprodução dos dispersores de propágulos, favorecendo o estabelecimento e desenvolvimento da vegetação pioneira envolvida no processo inicial de regeneração natural (Reis et al., 2003; Reis et al., 2010; Filho et al. 2013).

Segundo Bechara et al. (2016) são consideradas técnicas nucleadoras os seguintes métodos: transposição do banco de sementes do solo, núcleos de chuvas de sementes, poleiros artificiais, núcleos de cobertura viva, núcleos de bromélias, abrigos artificiais, núcleos de árvores, dentre outros.

Alvo desse estudo, a transposição do banco de sementes do solo consiste na retirada da superfície do solo juntamente com a serapilheira (0 a 10-20 cm), de áreas naturais conservadas e próximas à área que se deseja recuperar. Por fim, este solo, somado à serapilheira, é disposto na área degradada. Essa transposição, possibilita a reestruturação e fertilização do solo pela presença de microrganismo, responsáveis pela ciclagem de nutrientes, e ao mesmo tempo permite a recuperação da área degradada, a partir da germinação das sementes que compõem o banco de sementes presente no solo (Reis e Tres, 2007; Restauração Ecológica, 2011; Reis, et al., 2014; Bechara, et al., 2016).

Segundo Reis et al. (2014), as ações nucleadoras representam um avanço em modelos de recuperação. Os núcleos formados mostram que pequenas interferências a nível local, representam gatilhos ecológicos promotores de conectividade e de integração das áreas naturais e produtivas.

4.4.3. Plantio de mudas

Quando o potencial de recuperação natural (resiliência) da área-alvo é baixo, ou seja, áreas com grau de perturbação avançado, a estratégia mais eficaz é o plantio de mudas em área total (NBL, 2013; Botelho et al., 2015).

Esse modelo de plantio, avançou a partir dos conceitos de sucessão ecológica e dos denominados grupos ecológicos, dividindo-se as espécies arbóreas em grupos de espécies com comportamento semelhante (Martins, 2007). Também chamados modelos sucessionais, partem do princípio de que as

espécies de início de sucessão, intolerantes à sombra e de crescimento adiantado, devem proporcionar condições ecológicas, principalmente o sombreamento, favoráveis ao desenvolvimento de espécies finais da sucessão.

Sendo assim, nesse método, são realizadas combinações das espécies em módulos ou grupos de plantio, visando à implantação de espécies dos estádios finais de sucessão (secundárias tardias e clímax), conjuntamente com espécies dos estádios iniciais de sucessão (pioneiras e secundárias iniciais), compondo unidades sucessionais que resultam em uma gradual substituição de espécies no tempo, caracterizando o processo de sucessão (NBL, 2013). Segundo Nave (2005), para a combinação das espécies de diferentes grupos ecológicos, é recomendado o plantio em linhas alternadas.

Dentre as principais vantagens do plantio de mudas destacam-se a criação de microclimas para satisfazer as exigências dos diferentes tipos de espécies não pioneiras intercaladas com as espécies pioneiras, ao mesmo tempo, que apresentam alta sobrevivência das mudas no campo, possuem espaçamento pré-definido, o que pode facilitar os tratamentos silviculturais e a possibilidade de escolha das espécies indicadas para cada região (Macedo, 1993).

Por outro lado, embora existam diferentes modelos usados na composição, disposição e espaçamento de espécies florestais nativas, o uso de modelos com plantio de mudas ainda apresenta elevado custo, tornando-se muitas vezes inviável aos pequenos e médios proprietários (Oliveira, et al., 2014). Diante disso, é necessário aprimorar o conhecimento sobre as melhores espécies e os espaçamentos de plantio mais adequados às características de cada sítio, de forma a acelerar o restabelecimento das principais funções ecossistêmicas (Campello et al., 2017).

No Brasil, a recuperação de ecossistemas ciliares, a partir do plantio de mudas, tem apresentado resultados satisfatórios (Rodrigues et al., 2011; Soares, 2012; Vasquez e Machado, 2012; Oliveira, E. B., 2014; Oliveira, T. J. F., 2014; Oliveira et al., 2014; Silva, K. A. et al., 2015). No entanto, segundo Botelho et al. (2015), a sobrevivência e o sucesso desse método, dependem das condições do sítio, estado de conservação dos solos, umidade e infestação de gramíneas agressivas na área, bem como das espécies utilizadas no plantio.

Segundo Ribeiro et al. (2012), apesar de ser uma das técnicas mais custosas, o plantio de mudas é o mais usado na recuperação de áreas

degradadas, principalmente por apresentar resultados mais rápidos em relação às outras técnicas. Mas, para que se alcance bons resultados são necessários estudos prévios da vegetação arbórea do local, das características dos diferentes tipos de solos de cada área em particular, das condições climáticas, da matriz de vegetação existente, bem como do espaçamento de plantio utilizado, importante ferramenta para o controle de plantas daninhas (Ribeiro et al., 2012; Resende e Leles, et al., 2017).

Para Campello et al. (2017), o espaçamento influencia diretamente no controle de plantas daninhas e conseqüentemente nos custos de implantação e manutenção da recuperação de ecossistemas degradados. Esses autores afirmam que a escolha do espaçamento de plantio deve, entre outros aspectos, considerar o controle de plantas daninhas. Por exemplo, em áreas planas ou pouco onduladas, é preciso dar preferência a espaçamentos mais amplos nas entrelinhas e diminuir nas linhas de plantio. Assim, é possível fazer o controle nas entrelinhas com roçada mecanizada ou aplicação de glyphosate e, entre as plantas, com roçada através de roçadeira lateral e coroamento manual com enxada.

Segundo Resende e Leles (2017), a recuperação de áreas degradadas ocupadas principalmente por Capim-colínião e Braquiária, problema recorrente no estado do Rio de Janeiro, podem carecer de oito ou mais operações de limpeza mecanizadas até três anos após o plantio. Operações que normalmente envolvem a capina e/ou roçada na entrelinha das espécies florestais e o coroamento ao redor destas. Segundo esses mesmos autores, essas operações apresentam elevado custo, pois apresentam baixo rendimento operacional.

4.4.4. Sistemas Agroflorestais

Um dos principais objetivos da consorciação entre espécies florestais e agrícolas é otimizar, em um determinado período de tempo, a produção e o retorno econômico por unidade de área (Oliveira, 2013). No sistema Taugya, classificado como prática agroflorestal, esse consórcio se dá nos primeiros anos após o plantio do componente florestal e tem como foco favorecer o crescimento das árvores e gerar receita, que venha cobrir total ou parcialmente os custos de

implantação. Entretanto, como consequência deste modelo, outros ganhos podem ser obtidos com a adoção deste modelo, que podem ser mensurados por diferentes indicadores.

O termo Taungya, também conhecido como cultivo de encostas, é originário da Birmânia. Este foi, inicialmente, empregado na caracterização do plantio de árvores em áreas de agricultura migratória. Atualmente, é usado para designar combinações de cultivos durante as primeiras fases de estabelecimento de plantios de árvores, onde o objetivo principal é a produção de madeira ou a recuperação florestal. É um sistema recomendado para pequenos agricultores, que necessitam reduzir os custos de estabelecimento e de manutenção em terrenos com vocação florestal (Beer et al., 1994). A partir de sua adoção é possível reduzir custos com tratamentos culturais, auxiliar no controle da erosão, da luminosidade e aumentar a concentração de matéria orgânica do solo, gerando assim sustentabilidade para o sistema e renda a médio e em longo prazo (Varella, 2003).

Pesquisas realizadas com Sistema Agroflorestais (SAFs) têm mostrado sua viabilidade na recuperação de ecossistemas degradados, uma vez que promovem a recuperação das funções ambientais desses ecossistemas, o aumento da biodiversidade e favorecem a produção agrícola e florestal (Daronco et al., 2012; Silva e Silva, 2013; Souza et al., 2016; Navas e Silva, 2016).

Segundo Nair (1993), estes sistemas de produção, representam uma abordagem ecológica do uso da terra, resultando em benefícios econômicos, sociais e ambientais. Ele pode reduzir os custos da recuperação florestal pela possibilidade de gerar renda a partir de produtos agrícolas e/ou pelo controle de plantas daninhas.

Estes sistemas consistem no cultivo de espécies agrícolas em consórcio com espécie arbóreas nativas, mesmo que apenas na fase de implantação da floresta, fazendo da recuperação uma atividade mais atrativa financeiramente para o agricultor e, por isso, representam uma alternativa para a recuperação de Matas Ciliares degradadas com um importante estímulo econômico, ao mesmo tempo que poderá restaurar as funções ambientais e aumentar a biodiversidade das áreas em recuperação (Castro et al., 2012; Steffani, 2012).

São capazes de promover melhor utilização dos recursos naturais disponíveis (nutrientes, água e luz), a partir das interações ecológicas existentes

entre os diferentes componentes desse sistema (Beenhouwer et al., 2013; Bohn, et al., 2014). Neste sentido, os SAFs vêm ao encontro da necessidade de conciliar as florestas com a atividade agrícola, colaborando assim com a preservação e recuperação de remanescentes florestais (Rodrigues et al., 2007; Daronco et al., 2012; Navas e Silva, 2016). Desta forma, são associados a importantes serviços ambientais, como conservação e refúgio da biodiversidade, conservação dos solos, manutenção da qualidade do ar e água, sequestro e estoque de carbono entre outros (Daronco et al., 2012; Beenhouwer et al., 2013; Souza, et al., 2016).

Por outro lado, conforme o modelo adotado, algumas desvantagens devem ser consideradas, tais como dificuldade ou até mesmo impedimento da mecanização das atividades, maior concorrência para obtenção de luz, água e nutrientes, em razão da alta densidade de plantio das espécies componentes do sistema, adequar a compatibilidade do tamanho da área com a mão-de-obra disponível durante todo o ciclo de operações do sistema, necessidade de supervisão mais atenta e quase permanente por parte do proprietário rural (Camargos et al., 2013).

O uso de SAFs para recuperação de Área de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais, na pequena propriedade ou posse rural familiar, tem no estado do Rio de Janeiro e no Brasil, o amparo das resoluções nº 134 de 14/01/2016 e nº 143 de 14/06/2017 do INEA e da nova lei de proteção da vegetação nativa (Brasil, 2012).

Ainda assim, a aplicação da legislação é prejudicada, na maioria das vezes, pela falta de recursos e conhecimento técnico dos proprietários rurais (Kageyama e Gandara, 2001; Fialho, 2007). Sendo assim, a busca por modelos de recuperação, a partir de técnicas práticas e econômicas, que gerem renda, garantindo a preservação, como os Sistemas Agroflorestais, é uma importante ferramenta para o convencimento e facilitação do trabalho junto aos produtores rurais, bem como para o aumento na eficiência de implementação dessas técnicas.

4.5. Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul: Caracterização e importância

O processo de degradação ambiental no Brasil teve início desde a chegada dos primeiros colonizadores, devido à exploração de madeiras, posteriormente, para a implantação dos sistemas agropecuários (Marchioro et al., 2010) e instalações urbanas. Neste contexto, está inserida a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, situada na região de abrangência da Mata Atlântica e que hoje possui menos de 11% do seu território ocupado com florestais naturais (Geroe, 1995, Ceivap, 2007), com destaque para a região Noroeste Fluminense, que com suas características favoráveis ao uso e ocupação do solo contribuíram para a construção da sua paisagem atual, muito fragmentada e desconectada, representada em sua quase totalidade por pequenas manchas florestais dispersas, circundadas por extensas matrizes formadas de pastos, monoculturas e áreas urbanas (Totti, 2008; Silva et al., 2016).

Segundo Moura (2005), a construção da paisagem na região ocorre há décadas, devido, principalmente, à implantação do café e à pecuária extensiva em substituição a Mata Atlântica original, contribuindo para o aumento nas taxas de produção de sedimentos pela erosão dos solos, aparecimento de feições erosivas, e degradação das Matas Ciliares (Moura, 2005).

Segundo Siqueira (2015), a bacia do Rio Paraíba do Sul possui uma extensão de 1.180 km e área de drenagem de 57.000 km², estendendo-se pelo estado de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

Situada em uma das regiões mais desenvolvidas, urbanizadas e exploradas do país, abrange cerca de 180 municípios, adquirindo importância relativamente maior no Estado do Rio de Janeiro, onde ocupa metade da área de todo o estado, posicionando-se na jusante dos outros dois estados, onde sofre os impactos quanto ao uso da terra e da água, sendo utilizada no abastecimento de água e energia de, aproximadamente, 80% de sua população (Bernstein et al., 2015).

Assim como outras bacias hidrográficas por todo o Brasil, a bacia do Paraíba do Sul apresenta relevância não somente devido à sua importância econômica e social nas regiões que percorre, mas também devido aos impactos ambientais sobre os recursos hídricos e também pela destruição do bioma que

prevalece na região, a Mata Atlântica, que corresponde a uma das formações vegetais mais degradadas de nosso país (Bernstein et al., 2015).

Silva (2002) ressalta que a crescente degradação do Vale do Paraíba é consequência de inúmeros processos antrópicos que abrangem não apenas a industrialização, que se desenvolveu em meados do século XX, mas também o desmatamento da Floresta Atlântica, gerando graves problemas de erosão em curso e assoreamento dos rios, o mau uso do solo e a falta de investimentos na recuperação de áreas degradadas.

Mesmo diante desse cenário, pouco se tem feito em favor da preservação do Rio Paraíba do Sul e suas matas ciliares. De acordo com estudos da Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (Agevap), o déficit de cobertura de vegetal para cumprir o que determina o Código Florestal é de 583.070 hectares. O custo para restaurar toda essa área, segundo cálculos da ONG Instituto Terra de Preservação Ambiental (ITPA), é de R\$ 1,06 bilhão até 2035, valor a ser dividido pelos três estados que compõe essa importante bacia hidrográfica (Alencar, 2014).

Esse panorama reafirma a importância da adoção imediata de ações que possam eliminar e controlar os processos de degradação e que ao mesmo tempo promovam a recuperação das áreas degradadas e a preservação dos ambientes ainda não impactados. Neste sentido, as medidas e modelos adotados na recuperação desses ambientes devem ser efetivas e eficientes na promoção da recuperação, atendendo a legislação vigente.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização

O experimento foi implantado no Campo Experimental da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), em Itaocara, RJ. O município de Itaocara, localizado na região Noroeste Fluminense, com coordenadas 21°40'09"S e 42°04'34"W, possui altitude em torno de 60 metros,

A área experimental está localizada a 30 metros da margem do Rio Paraíba do Sul e o seu encontro com o Rio Pomba. Trata-se de uma área em processo de recuperação, iniciado a partir de quatro técnicas, há quatro anos. Segundo o que determina o novo código florestal, a faixa ciliar a ser recuperada considerando o tamanho da propriedade e a largura do rio Paraíba do Sul, deve ser de pelo menos 30 metros. Na área do presente estudo, a faixa ciliar em recuperação é de aproximadamente 48 metros e 0,8 hectares (Figura 1).

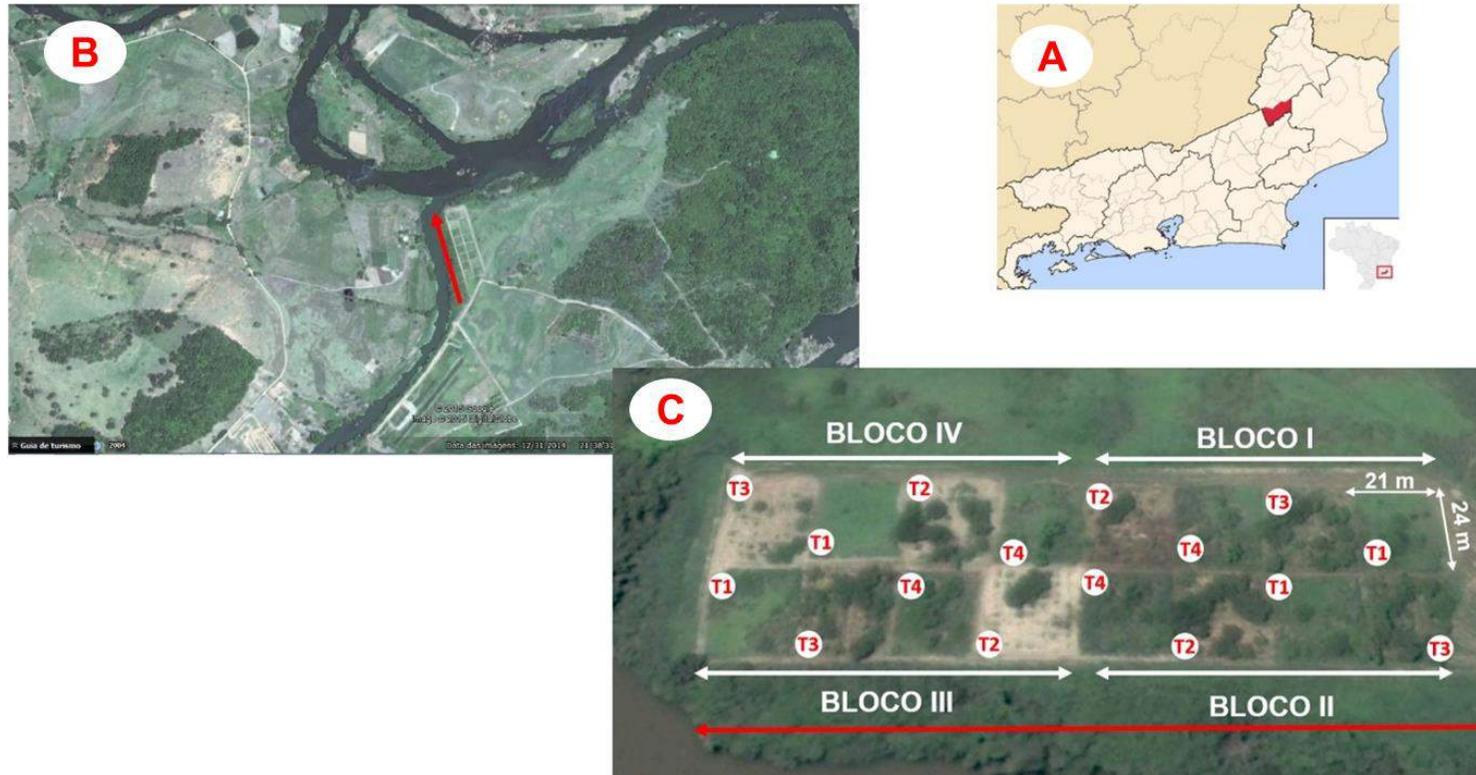


Figura 1. (A) Localização do município de Itaocara no estado do Rio de Janeiro. (B) Localização da área experimental, às margens do rio Paraíba do Sul (seta vermelha), no campo experimental da UENF, município de Itaocara, RJ. (C) Disposição dos tratamentos em delineamento experimental de Blocos Casualizados (DBC). (Fonte: <https://maps.google.com.br>). T1: Regeneração Natural, T2: Plantio convencional de espécies florestais; T3: Sistema Agroflorestal (Taungya); T4: Nucleação – Transposição do Banco de Sementes do Solo e da Serapilheira.

* As setas vermelhas indicam a posição do experimento às margens do rio Paraíba do Sul.

5.2. Vegetação

No município de Itaocara ocorre a vegetação denominada Florestal Estacional Semidecidual, considerada parte do bioma Mata Atlântica. Essa formação florestal, com ocorrência natural nas regiões mais próximas à Serra da Mantiqueira e especialmente nas sub-bacias dos rios Pomba e Muriaé e no terço inferior da bacia do Paraíba do Sul, onde o clima se apresenta mais seco, caracteriza-se por vegetação de porte arbóreo, sujeita a dupla estacionalidade climática, tropical chuvosa no verão seguida por estiagens acentuadas.

5.3. Clima

O clima da região caracteriza-se pelo tropical seco (Aw), relacionado com a vegetação de Floresta Estacional Semidecidual (Ibge, 2012). A temperatura média anual varia entre 23 e 25°C. As mais altas temperaturas ocorrem na região de Itaperuna, na bacia do rio Muriaé, com média das máximas situada em torno de 32°C.

O regime de chuvas é caracterizado por um período seco, que se estende de junho a setembro, e período chuvoso, com precipitação pluviométrica de 1000 a 1200 mm anuais, entre os meses de novembro a janeiro, quando ocorrem as grandes cheias do rio Paraíba do Sul. Sendo que as menores pluviosidades ocorrem em uma estreita faixa do Médio Paraíba (entre Vassouras e Cantagalo, no Estado do Rio de Janeiro) e no curso inferior da bacia (regiões Norte e Noroeste Fluminense).

A precipitação pluviométrica referente ao período entre a implantação e a avaliação das técnicas de recuperação de Matas Ciliares, pode ser observada na figura 2.

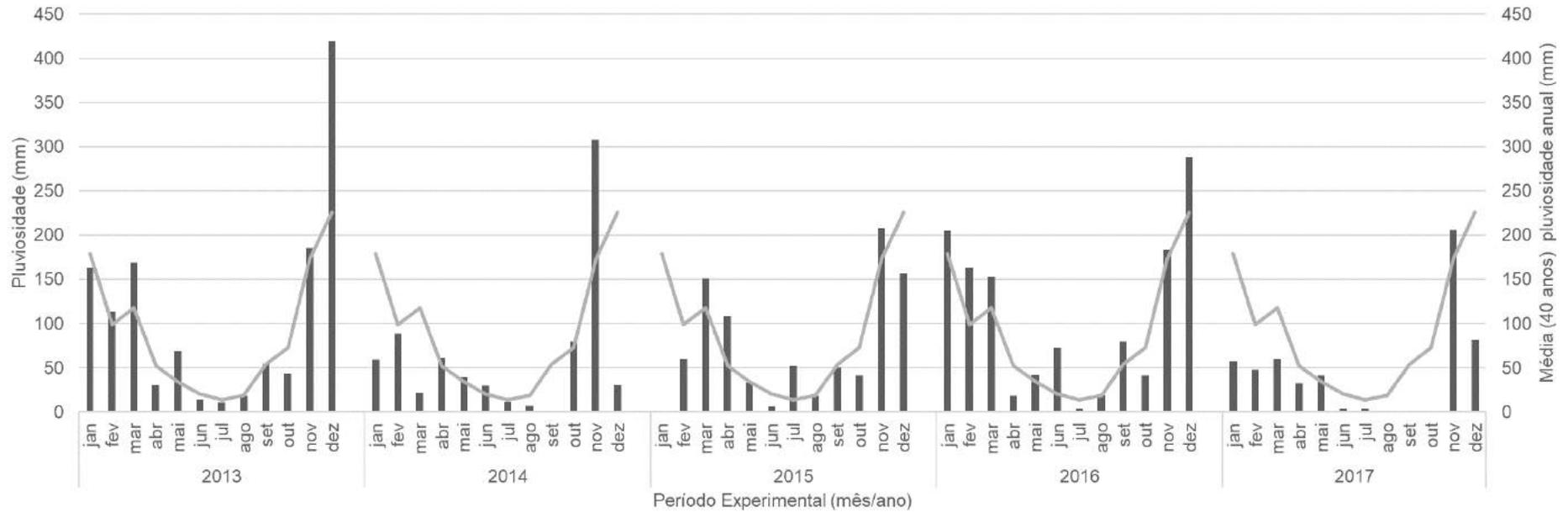


Figura 2. Precipitação pluviométrica ao longo de todo o ciclo experimental (abril/2013 a dezembro/2017), às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

*As barras representam a precipitação ao longo do ciclo experimental.

*A curva acima das barras representa a precipitação média dos últimos 40 anos.

Fonte: PESAGRO, RJ. Estação Experimental de Itaocara.

5.4. Histórico da área e implantação do experimento

Anteriormente à implantação das técnicas visando à recuperação da faixa ciliar do rio Paraíba do Sul, a área encontrava-se ocupada principalmente por Capim-colonião (*Panicum maximum*), Braquiária (*Urochloa* sp.) e Capim-angola (*Brachiaria purpurascens*), gramíneas invasoras e indesejáveis em qualquer projeto de recuperação (Figura 3). Poucas espécies arbustivas e arbóreas persistiam no local, dentre as quais se destacavam Embaúba (*Cecropia catarinenses*), Alecrim (*Baccharis dracunculifolia*) e Crindiúva (*Trema micrantha*) (Figura 3).



Figura 3. (A e B) Aspecto da área experimental antes da roçada inicial, dominada por gramíneas; (C e D) Espécies arbóreas e arbustivas identificadas na área experimental após implantação das técnicas para recuperação de mata ciliar às margens do Rio Paraíba do Sul, no Campo Experimental da UENF, município de Itaocaora, RJ.

Outro fator importante e prejudicial ao início do experimento foi a ocorrência anual do fogo, um dos fatores responsáveis pela degradação dos ecossistemas ciliares. A queima, muitas vezes criminosa, é recorrente às margens do rio Paraíba do Sul, ocupada principalmente pela atividade agrícola e pecuária (Figura 4).



Figura 4. (A e B) Ocorrência do fogo em áreas próximas à área experimental; (C) Matriz agrícola próxima à área experimental (círculo vermelho), às margens do Rio Paraíba do Sul e seu encontro com Rio Pombo, no Campo Experimental da UENF, município de Itaocaora, RJ.

Sendo assim, após reconhecimento e caracterização inicial da faixa ciliar, no campo experimental da UENF, foram realizados em março de 2013, os primeiros procedimentos para implantação das técnicas, visando à sua revegetação. O isolamento, a partir da construção de uma cerca, foi o primeiro

recurso a ser adotado, com o objetivo de evitar os fatores responsáveis pela degradação. Após a construção da cerca, foi necessário eliminar, através de uma roçada mecânica, gramíneas e espécies herbáceas, prejudiciais ao desenvolvimento do experimento (Figura 5).



Figura 5. (A e B) Instalação de cerca elétrica para isolamento da área experimental; (C e D) Limpeza da área e marcação do experimento às margens do Rio Paraíba do Sul e seu encontro com Rio Pomba, no Campo Experimental da UENF, município de Itaocaora, RJ.

Após limpeza da área, o experimento foi instalado em abril de 2013. Foram avaliados quatro tratamentos: (T1) Isolamento da área/Regeneração natural; (T2) Plantio convencional de espécies florestais (PC); (T3) Sistema Agroflorestal (Taungya) e; (T4) Nucleação/Transposição do banco de sementes

do solo. Dispostos em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. As unidades experimentais tinham dimensões de 21 x 24 m (Figura 6).



Figura 6. (A) Marcação e preparo da área para implantação dos tratamentos propostos para revegetação da faixa ciliar degradada; (B, C e D) Marcação, alinhamento, disposição dos tutores, preparo das covas e plantio das espécies florestais; (E) Vista da área experimental aos quatro anos após a implantação dos tratamentos, às margens do Rio Paraíba do Sul e seu encontro com Rio Pombo, no Campo Experimental da UENF, município de Itaocara, RJ.

Após a implantação do experimento e durante todo o seu ciclo, operações de limpeza de toda área, bem como nas parcelas de cada tratamento, foram realizadas a partir de roçadas, para o rebaixamento das gramíneas indesejáveis à recuperação, de forma a permitir a realização dos trabalhos de condução e avaliação do experimento.

Durante os quatro anos após a implantação dos tratamentos, as áreas em recuperação foram inspecionadas quinzenalmente, ao mesmo tempo em que tratamentos culturais foram feitos para o bom desenvolvimento das plantas ao longo

desse período. Nessas inspeções, foi feito o monitoramento de pragas e doenças, diagnosticando-se o estado fitossanitário das plantas. Sempre que observado a necessidade de controle de organismos nocivos às plantas, foram feitas intervenções de forma preventiva ou curativa. Podas de partes das plantas afetadas e catação manual foram os métodos de controle utilizados.

Foi mantido o coroamento das espécies arbustivas e arbóreas utilizadas no PC (tratamento 2) e no sistema Taungya (tratamento 3), bem como das espécies regeneradas, no isolamento (tratamento 1) e na nucleação (tratamento 4). Além do coroamento, foi mantida cobertura morta, da própria roçada, ao redor das plantas. Nas entre linhas, no espaçamento entre as plantas, entre as parcelas e nos aceiros, ao redor do experimento, roçadas foram realizadas, à medida que as gramíneas estivessem comprometendo o desenvolvimento das plantas ou fornecendo risco de queimadas, em determinadas épocas do ano.

No primeiro ano, após a implantação do experimento, durante o período de escassez de chuvas, que poderia comprometer a sobrevivência das plantas, os tratamentos foram irrigados por meio de um sistema de irrigação por aspersão e por mangueira, tocado por uma bomba hidráulica movida a óleo diesel, utilizando água bombeada do rio Paraíba do Sul. O sistema Taungya foi irrigado por aspersão. Para o sistema convencional de plantio de espécies florestais (PC) e Nucleação foram utilizadas mangueiras de borracha para a irrigação de cada planta e dos núcleos. O isolamento não foi irrigado.

Vale destacar que o experimento foi realizado ao final da estação chuvosa uma vez que, por questões operacionais, não foi possível realizar o mesmo em época favorável, tanto ao plantio de mudas de espécies florestais nativas, quanto para o plantio de espécies agrícolas (Feijão, Milho, Pimenta-biquinho e Pimenta-malagueta).

A partir do segundo ano, a irrigação foi conduzida por um sistema de gotejamento somente no sistema Taungya, com o objetivo de favorecer o desenvolvimento das espécies agrícolas cultivadas nas entre linhas das espécies florestais.

5.4.1. Regeneração natural (Isolamento)

Para avaliar a resiliência da área em estudo, ou seja, a sua capacidade de autorecuperação, no primeiro ano após a implantação do experimento, as parcelas contendo o Isolamento não sofreram nenhum tipo de manejo.

Por outro lado, diante das condições encontradas na região do experimento, tais como paisagem florestal fragmentada, banco de sementes do solo pobre, elevada presença de gramíneas e reduzida chuva de sementes, foi necessário adotar, a partir do segundo ano após a instalação do experimento, um manejo voltado para as poucas espécies florestais espontâneas presentes nas parcelas deste tratamento, com o objetivo de favorecer o seu desenvolvimento. As espécies foram quantificadas, numeradas e identificadas, ao mesmo tempo em que foram feitas deposição de cobertura morta, da própria roçada, ao redor de cada planta, coroamento e limpeza seletiva das gramíneas, que ainda persistiam nas parcelas devido ao baixo sombreamento, proporcionado pelas espécies florestais arbóreas (Figura 7).



Figura 7. (A e B) Limpeza das parcelas do Isolamento e coroamento ao redor das espécies florestais regenerantes, após o segundo ano da implantação do experimento, às margens do Rio Paraíba do Sul e seu encontro com Rio Pomba, no Campo Experimental da UENF, município de Itaocaora, RJ.

5.4.2. Plantio Convencional de espécies florestais e Sistema Taungya

No plantio convencional e no sistema de taungya, as espécies florestais nativas foram plantadas em abril de 2013. Este plantio teve como base o modelo sucessional em linhas (Figura 8), com as espécies nativas dispostas em linhas e alternadas conforme o grupo sucessional das pioneiras e não pioneiras.

P	P	P	P	P	P	P	P
P	NP	P	NP	P	NP	P	P
P	P	NP	P	NP	P	NP	P
P	NP	P	NP	P	NP	P	P
P	P	NP	P	NP	P	NP	P
P	NP	P	NP	P	NP	P	P
P	P	P	P	P	P	P	P

Figura 8. Disposição das espécies florestais por grupo ecológico nas parcelas de Plantio Convencional e Sistema Taungya, instaladas às margens do Rio Paraíba do Sul e seu encontro com Rio Pomba, no Campo Experimental da UENF, município de Itaocaora, RJ.

As espécies nativas utilizadas nos dois tratamentos, indicadas para a recuperação de Matas Ciliares (Martins, 2007; Pereira et al., 2015), foram adquiridas de viveirista em Campos dos Goytacazes, RJ. Para caracterização dessas espécies, foi realizada uma avaliação da altura média e diâmetro médio à altura do solo antes do plantio (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies florestais nativas indicadas para reflorestamento em Matas Ciliares e utilizadas no experimento, com os valores médios de altura e diâmetro (\pm intervalo de Confiança) na implantação.

Nome Vulgar	Nome Científico	Família	Altura (m)		DAS (mm)	
			Plantio	Taungya	Plantio	Taungya
Pioneiras						
Monjolo	<i>Parapiptadenia rígida</i>	Fabaceae	0,59 \pm 0,10	0,65 \pm 0,07	5,37 \pm 0,48	5,50 \pm 0,43
Aroeira	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Anacardiaceae	0,55 \pm 0,10	0,62 \pm 0,06	6,36 \pm 0,86	6,44 \pm 0,72
Leiteira	<i>Tabernaemontana hystrix</i>	Apocynaceae	0,86 \pm 0,06	0,79 \pm 0,09	9,57 \pm 0,47	8,99 \pm 0,68
Caju	<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae	0,41 \pm 0,02	0,44 \pm 0,03	6,69 \pm 0,46	6,58 \pm 0,43
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	0,52 \pm 0,14	0,54 \pm 0,15	6,15 \pm 0,83	6,32 \pm 0,81
Não Pioneiras						
Araçá pera	<i>Psidium acutangulum</i>	Myrtaceae	0,55 \pm 0,10	0,58 \pm 0,17	5,09 \pm 1,14	4,75 \pm 1,19
Jenipapo	<i>Genipa Americana</i>	Rubiaceae	0,42 \pm 0,10	0,45 \pm 0,05	6,45 \pm 0,96	7,61 \pm 1,16
Pau-ferro	<i>Caesalpinia ferrea</i>	Fabaceae	0,52 \pm 0,11	0,62 \pm 0,17	6,61 \pm 0,79	5,47 \pm 1,15
Gabiroba	<i>Campomanesia guazumifolia</i>	Myrtaceae	0,81 \pm 0,18	0,80 \pm 0,18	5,85 \pm 0,66	5,84 \pm 1,23
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>	Myrtaceae	0,52 \pm 0,08	0,48 \pm 0,14	5,51 \pm 0,81	5,81 \pm 1,93
Mololô	<i>Piptocarpha macropoda</i>	Asteraceae	0,47 \pm 0,10	0,55 \pm 0,08	5,70 \pm 0,94	6,04 \pm 0,89
Ingá	<i>Inga laurina</i>	Fabaceae	0,49 \pm 0,10	0,46 \pm 0,08	7,93 \pm 0,94	8,32 \pm 1,16

*Espécies florestais utilizadas, selecionadas da lista de espécies indicadas por Matins (2007), para recuperação de matas ciliares degradadas.

A disposição das espécies não foi a mesma em todas as parcelas experimentais por falta de disponibilidade de mudas na época da implantação do experimento. O espaçamento entre as árvores foi de 3 x 3 m. Cada parcela foi composta por 56 indivíduos, sendo 41 espécies pioneiras e 15 não pioneiras, o que perfaz uma área de 504 m² por parcela.

Para plantio das espécies florestais foram feitos alinhamento e marcação das covas, a partir de uma fita métrica com marcações a cada 3 metros, determinando o espaçamento utilizado nestes tratamentos. Para marcação das covas foi utilizada uma estaca de bambu que posteriormente foi usada para tutoramento das espécies florestais. As covas foram previamente abertas com broca acoplada em trator e foram feitas com 40 cm de profundidade e 40 cm de diâmetro. Na ocasião do plantio as covas foram abertas com cavadeira e adubadas com 150 g de superfosfato simples por cova. Após o plantio, foi feito o coroamento ao redor das espécies florestais, deposição de cobertura morta e aplicação de 4 gramas de polímero hidrorretentor (hidrogel) por planta, hidratado em um litro de água, em duas covetas laterais. Nas entre linhas foi feita a roçada do capim em diferentes épocas, ao longo de todo o ciclo experimental, visando reduzir a forte competição imposta por gramíneas. Este corte foi realizado com roçadeira, acoplada em trator agrícola de pequeno porte e também com roçadeiras costais, a partir do momento que não foi mais possível trabalhar com trator devido ao porte das espécies florestais. A sequência das atividades envolvendo o plantio das espécies florestais, bem como o manejo adotado nos tratamentos Plantio e Taungya podem ser observados na figura 9.



Figura 9. (A) Limpeza da área; (B e C) Marcação do experimento; (D e E) marcação das covas para plantio das espécies florestais e preparo da área para plantio das espécies agrícolas nos tratamentos Sistema de Taungya (F) Abertura das covas com cavadeira para plantio e adubação das espécies florestais; (G e H) Plantio e tutoramento das espécies florestais; (I e J) Aplicação do hidrogel em duas covetas laterais; (K) Coroamento; (L) Deposição da cobertura morta nas espécies florestais arbóreas, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul e seu encontro com Rio Pombo, no Campo da Experimental da UENF, município de Itaocara, RJ.

O combate às formigas cortadeiras, tanto saúvas (*Atta* spp.) quanto as quenquéns (*Acromyrmex* spp.), foi feito em toda área experimental e até 100 metros de distância além das divisas da mesma. Este combate foi realizado durante a fase de preparação da área para implantação do experimento. Nesta fase e também durante todo o ciclo experimental, os formigueiros encontrados foram medidos e nestes aplicados de 6 a 7 gramas de iscas granuladas por metro quadrado de terra solta. A dose total aplicada foi dividida entre os carreiros com movimentação de formigas. Outro método empregado foi o combate sistemático em área total, para o qual foram aplicados 5 gramas de isca a cada 4 m percorridos ao longo da área experimental. Na prática a área foi percorrida em faixas, de modo que a cada 7 passos foram aplicados 5 gramas de isca formicida. Para este e para os demais métodos foram utilizadas iscas formicidas acondicionadas em sachês.

No Sistema de Taungya foram trabalhados seis ciclos de produção para os componentes agrícolas, nas entre linhas das espécies florestais. O primeiro ciclo, de abril a julho de 2013, foi representado pelo cultivo de feijão “Xamego”. No segundo ciclo, de setembro de 2013 a janeiro de 2014, foi realizado consórcio entre milho híbrido UENF 506-11 e o feijão preto, variedade “xamego” (Figura 10).

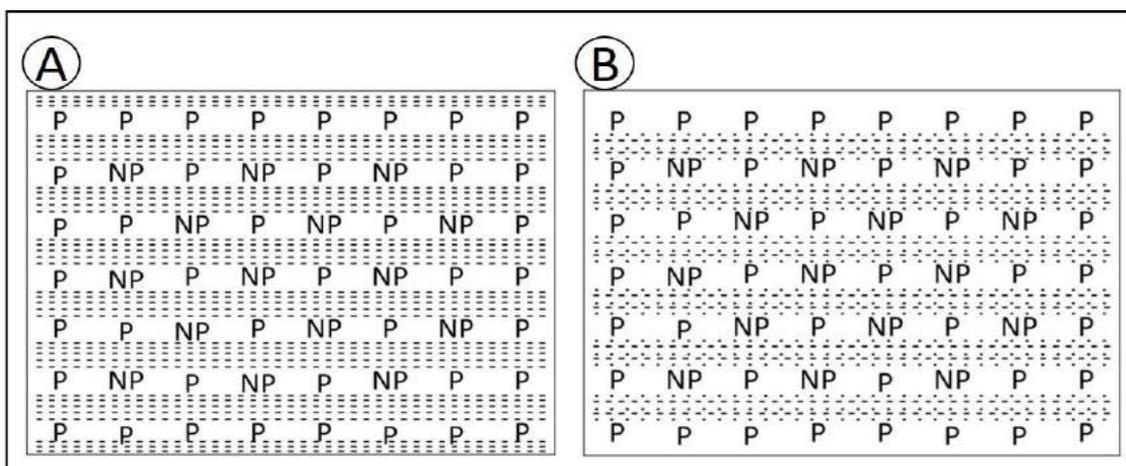


Figura 10. Esquema de plantio no sistema Taungya, com as espécies florestais arbóreas em consórcio com as espécies agrícolas, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul e seu encontro com Rio Pomba, no Campo Experimental da UENF, município de Itaocaora, RJ. (A) Primeiro ciclo de produção, com as espécies florestais em consórcio com feijão "xamego" (- - -). (B) Segundo ciclo de produção, com as espécies florestais em consórcio com feijão preto (- - -) e milho híbrido UENF 506-11 (· · · ·). P = espécie florestal pioneira e NP = espécie florestal não pioneira.

O plantio do feijão "xamego" no primeiro ciclo de produção foi realizado em abril de 2013 com matraca (plantadeira e adubadeira). O espaçamento utilizado foi de 0,4 m entre linhas, com 9 sementes por metro linear de plantio. O estande final em cada parcela de 504 m² foi de aproximadamente 7560 plantas. Foram respeitados 0,5 m em cada lado das espécies florestais nativas sem o plantio da cultura agrícola, com o objetivo de diminuir a competição entre as espécies. Foi feito preparo convencional do solo, com grade acoplada em trator, para favorecer o desenvolvimento das espécies agrícolas, tendo em vista que a área utilizada para o experimento estava, há alguns anos, sem nenhum tipo de cultivo e com isso encontrava-se ocupada por plantas daninhas às espécies florestais e agrícolas e que poderiam comprometer o desenvolvimento dessas espécies. Neste primeiro ciclo foi também realizada adubação de plantio com 5 g

de Superfosfato Simples por cova, de acordo com as exigências da cultura e com base na recomendação de adubação e na análise química do solo (Figura 11).



Figura 11. (A e B) Preparo das parcelas do Sistema Taungya, para plantio do feijão no primeiro ciclo de produção do componente agrícola nas entre linhas das espécies florestais; (C) Ferramenta (Matraca) utilizada para plantio e adubação do feijão; (D, E e F) Feijão nas entre linhas das espécies florestais, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul e seu encontro com Rio Pomba, no Campo da Experimental da UENF, município de Itaocaora, RJ.

O segundo ciclo de produção foi iniciado cinco meses após o primeiro, sendo a semeadura realizada com matraca. Esse consórcio contou com duas linhas de milho e três linhas de feijão entre as linhas das espécies florestais nativas. As duas linhas de milho foram plantadas com entre linha de 1 m e densidade de seis plantas por metro linear. A adubação foi realizada com 50 g/m de NPK 04-14-08 na linha de plantio. O feijão foi semeado com densidade de dez plantas por metro linear e a adubação foi realizada com 50 g/m de superfosfato simples na linha de plantio. O estande final do feijão foi de aproximadamente 4.320 plantas, e do milho, de 1.728 plantas por hectare (Figura 12).



Figura 12. Consórcio entre milho e feijão nas entre linhas do sistema Taungya, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul e seu encontro com Rio Pomba, no Campo da Experimental da UENF, município de Itaocaora, RJ.

Da mesma forma que no primeiro cultivo do feijão, o preparo do solo também foi realizado de forma convencional, visando favorecer o desenvolvimento das culturas agrícolas. As demais atividades de preparo do solo e tratos culturais que se fizeram necessárias foram realizadas de acordo com as recomendações para a cultura do milho e do feijão (Embrapa, 2015; Embrapa, 2017).

O terceiro, quarto, quinto e sexto ciclos de produção para o componente agrícola do sistema Taungya contou com o cultivo da Mandioca (*Manihot* *suculenta*), Pimenta biquinho (*Capsicum* *chinese*) (quarto e quinto ciclo) e Pimenta malagueta (*Capsicum* *frutescens*), respectivamente, nas entre linhas das

espécies florestais. Para plantio da mandioca, foi adotado espaçamento de 50 cm entre plantas, com apenas uma linha de plantio em cada entre linha de espécie florestal. A pimenta biquinho no quarto ciclo, também foi cultivada com uma linha de plantio em cada entre linha, com espaçamento de 2 m entre plantas. No quinto ciclo a pimenta biquinho foi cultivada com espaçamento de 1 m entre plantas e linha de plantio entre as espécies florestais. Já o cultivo da pimenta malagueta, foi realizado com espaçamento de 1,5 m entre plantas e com 1 linha de plantio (Figura 13).

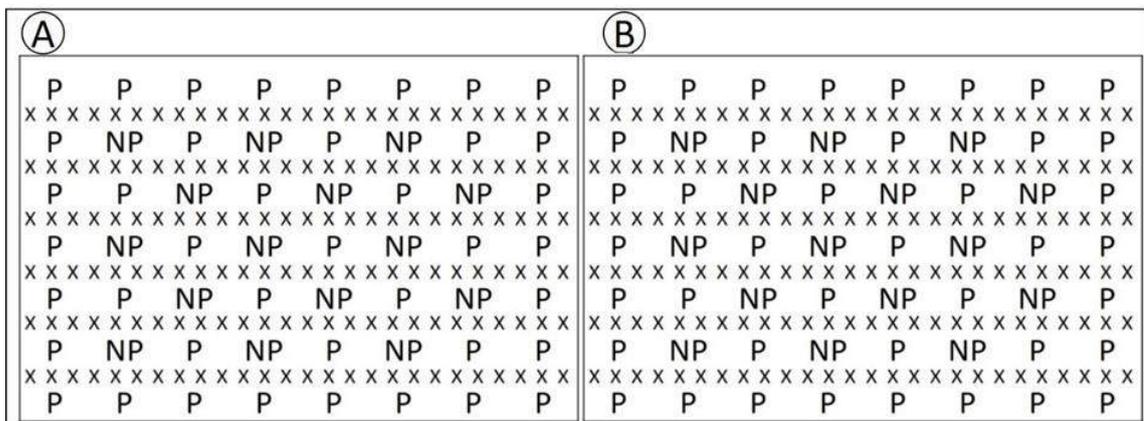


Figura 13. Esquema de plantio do sistema Taungya, com as espécies florestais arbóreas em consórcio com as espécies agrícolas; (A) terceiro ciclo de produção, com as espécies florestais em consórcio com Mandioca, com espaçamento de 50 cm entre plantas (xxxx); (B) Quarto, quinto e sexto ciclo de produção, com as espécies florestais em consórcio com a Pimenta biquinho (quarto e quinta ciclo) e Pimenta malagueta (sexto ciclo) com espaçamento de 2 m, 1 m e 1,5 m entre plantas, respectivamente (xxxx), em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul e seu encontro com Rio Pomba, no Campo Experimental da UENF, município de Itaocaora, RJ.

Para o plantio da mandioca em novembro de 2014, foi feita uma limpeza das entre linhas das espécies florestais com um cultivador de solo acoplado em microtrator. Após a limpeza das entre linhas um riscador de solo foi utilizado para o preparo das covas em uma profundidade de 30 cm. Considerando a fertilidade do solo para como adequada para o cultivo da mandioca (Tabela 9A), bem como

devido às adubações realizadas no plantio das espécies florestais arbóreas e das espécies agrícolas, no primeiro e segundo ciclo de cultivo, não foram utilizados fertilizantes para o cultivo da raiz.

Para plantio da mandioca, manivas com 20 cm de comprimento foram utilizadas. As ramas da variedade “mandioca amarela”, foram adquiridas de produtores rurais do município de Viçosa, MG e transportadas até o campo, com aproximadamente 1 m de comprimento. No momento do plantio foram cortadas as manivas, para evitar a sua desidratação, contendo em média 4 gemas e 3 cm de diâmetro. Em cada parcela do sistema Taungya foram utilizadas aproximadamente 288 manivas (Figura 14).



Figura 14. (A e B) Preparo na entre linha do sistema Taungya para plantio da mandioca; (C) Preparo das manivas com 20 cm de comprimento, contendo em média quatro gemas e 3 cm de diâmetro; (D e E) Disposição das manivas no sulco de plantio, com espaçamento de 30 cm; (F) Fechamento do sulco de plantio após a disposição das manivas, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul e seu encontro com Rio Pombo, no Campo Experimental da UENF, município de Itaocaora, RJ.

A pimenta biquinho, no quarto e quinto ciclos, foi cultivada a partir de mudas adquiridas em viveiro de produção de hortaliças e produzidas em sacolas plásticas. Para o plantio da pimenta foram aplicados, aproximadamente, 30 gramas de superfosfato simples por cova de plantio. Para adubação de cobertura foi utilizada a formulação NPK 20-05-20, na dose de 80 gramas por plantas, parcelada em 4 aplicações. Sendo a primeira aplicação realizada 25 dias após o plantio e as demais a cada 25 dias. Os tratos culturais como capina, irrigação, controle de pragas e doenças foram realizados sempre que necessários (Pinto et al., 2011).

Para o plantio da pimenta biquinho também foi feita limpeza das entre linhas no sistema Taungya com roçadeira costal, buscando-se eliminar principalmente o capim colônia. Após essa limpeza foi utilizado cultivador de solo acoplado a um microtrator. Este equipamento foi responsável por revolver e capinar o solo, favorecendo assim o desenvolvimento da pimenta. Após o uso do microtrator, as covas para plantio foram feitas com cavadeira. No quarto ciclo, o cultivo da pimenta foi feito com 1 linha de plantio, nas entre linhas das espécies florestais, com espaçamento de 2 m entre plantas. Foram utilizadas 12 mudas de pimenta em cada linha de plantio, em um total de 72 mudas por parcela do sistema Taungya. No quinto ciclo, o espaçamento adotado foi de 1 m entre plantas. Foram utilizadas 144 plantas por parcela do sistema Taungya (Figura 15).



Figura 15. (A) Transporte das mudas de pimenta biquinho para o campo; (B e C) Preparo e limpeza da área para plantio; (D) Abertura das covas e adubação; (E, F) Muda de pimenta após o plantio nas entre linhas das espécies florestais do sistema Taungya, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul e seu encontro com Rio Pomba, no Campo da Experimental da UENF, município de Itaocaora, RJ.

Uma vez que a falta de chuvas é um fator importante na região de implantação do experimento, irrigações se fizeram necessárias, buscando contornar essa deficiência. Sendo assim, um sistema de irrigação por gotejamento foi instalado nas parcelas do sistema Taungya. Para instalação dessa irrigação, uma mangueira de 1 polegada foi utilizada para levar a água da bomba, localizada a 200 m do experimento, às margens do rio Paraíba do Sul, até a última parcela do sistema Taungya. Também foi necessária uma fita de gotejamento em cada entre linha do sistema Taungya e 1 gotejador para cada muda de pimenta biquinho (Figura 16).



Figura 16. Irrigação instalada nas parcelas do sistema Taungya para cultivo da pimenta biquinho em sistema Taungya, instalado às margens do rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

O sexto ciclo de produção contou com o cultivo da Pimenta Malagueta, a partir de mudas adquiridas em viveiro de produção de hortaliças e produzidas em sacolinhas plásticas. As mudas foram transplantadas para sacolas plásticas em

maio de 2017 e foram levadas à área experimental para rustificação até o dia do plantio. Para o plantio, em junho de 2017, foi feita limpeza das parcelas do sistema Taungya com roçadeira costal e cultivador de solo acoplado em microtrator, utilizado para capina das entre linhas. Após o uso do microtrator, as covas para plantio foram feitas com cavadeira. O cultivo da pimenta foi feito com 1 linha de plantio, nas entre linhas das espécies florestais, com espaçamento de 1,5 m entre plantas. Foram utilizadas 16 mudas de pimenta em cada linha de plantio, em um total de 96 mudas por parcela do sistema Taungya. A adubação, segundo recomendações para a cultura (Embrapa, 2007), foi feita a partir da aplicação de NPK 4-14-8, na dose de 30 g por cova de plantio. A adubação de cobertura foi feita em quatro oportunidades com aplicação de NPK 20-5-20 em uma dose de 20 g por planta em cada aplicação (Figura 17).

Após os dois ciclos da pimenta biquinho foi necessário substituir o sistema de irrigação por gotejamento para a produção da pimenta malagueta, uma vez que, devido ao entupimento dos gotejadores, os mesmos não estavam funcionando de forma adequada. Sendo assim, toda a fita de gotejamento e também os gotejadores, foram substituídos por uma nova fita (meia polegada) e com válvulas (vazão de 1,6 litros de água por hora) dispostas ao longo da fita a cada 20 cm (Figura 17).



Figura 17. (A) Transplântio das mudas de pimenta malagueta para sacolas plásticas, visando seu crescimento e rustificação; (B e C) Limpeza e preparo da área para o plantio no sistema Taungya; (D e E) Novo sistema de irrigação em funcionamento, instalado para o cultivo da pimenta malagueta; (F) Muda de pimenta malagueta, 45 dias após o plantio, emitindo as primeiras flores, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul e seu encontro com Rio Pomba, no Campo Experimental da UENF, município de Itaocaora, RJ.

5.4.3. Nucleação por Transposição do banco de sementes do solo.

Para a transposição do banco de sementes do solo, como técnica nucleadora, seguiu-se a metodologia utilizada por Miranda Neto et al. (2010). Foram coletadas amostras do banco de sementes (Solo + Serapilheira) em abril de 2013, de forma aleatória, em fragmento de mata ciliar remanescente, localizado a aproximadamente 5 km da área experimental. Essas amostras foram coletadas com o auxílio de um gabarito de 1,0 x 1,0 m a uma profundidade de cerca de 5 cm, totalizando 0,05 m³ de solo + serapilheira. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, imediatamente transportadas e depositadas em clareiras de 2 x 2 m, abertas nas parcelas experimentais de 504 m². Em cada parcela foram abertas três clareiras, distribuídas aleatoriamente. A cobertura de capim em cada clareira foi toda removida através de capina manual. Sendo assim, no centro de cada clareira foi delimitada uma parcela de 1 x 1 m, na qual foi depositada a camada de solo + serapilheira da mesma área retirada na floresta. Para deposição das amostras foi retirada a camada de 5 cm de solo (Figura 18).



Figura 18. Transposição do banco de sementes do solo, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ; (A) Limpeza da área para deposição do banco de sementes (2 x 2 m); (B) Retirada da camada superficial do solo (5 cm) para deposição do banco de sementes; (C) Deposição do banco de sementes do solo (solo + serapilheira); (D, E e F) Núcleo de espécies arbóreas formado após a transposição do banco de sementes do solo.

Após deposição dos núcleos na área experimental foi feito o coroamento ao redor dos mesmos, mantendo-se limpa uma área de 1 m a partir do núcleo, responsável pelo controle das plantas daninhas, que poderiam impedir a germinação das sementes presentes no banco. Este coroamento foi realizado a cada dois meses, no primeiro ano após a transposição do banco de sementes. A partir do segundo ano, essa operação de limpeza foi realizada conforme a necessidade.

5.5. Coleta dos dados e avaliação do experimento

Para avaliar a implantação destes sistemas foram analisadas a viabilidade técnica e econômica, a porcentagem de mortalidade, a velocidade de cobertura das áreas, as interações entre os componentes dos sistemas e os efeitos sobre as características do solo. Avaliações específicas foram realizadas em cada componente do sistema e em cada tratamento como descrito a seguir.

5.5.1. Espécies florestais arbóreas – Áreas de plantio convencional e taungya

Foram feitas anualmente, até o quarto anos após a implantação dos modelos de recuperação, medições de altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS) e diâmetro da copa (DC) das espécies florestais plantadas no sistema convencional de plantio (T2) e no sistema Taungya (T3). A medição da altura foi feita com fita métrica (H₁, H₂ e H₃) e com hipsômetro digital (H₄ e H₅), o DC com trena, tipo fita de aço e o DAS com paquímetro digital. Após todas as medições o incremento relativo $(X_5 - X_1 / X_1 * 100)$ e o incremento real $(X_5 - X_1)$ foram determinados para cada parâmetro. Sendo X₁ o parâmetro inicial e X₅ o parâmetro final, ou seja, medição inicial e medição final. As medições foram realizadas em diferentes épocas, como descrito a seguir: H₁ – abril de 2013 (após o plantio das espécies florestais); H₂ – novembro de 2013; H₃ – janeiro de 2015; H₄ – janeiro de 2016 e H₅ – janeiro de 2017.

O cálculo da cobertura de copa, utilizando o método de projeção das copas, foi feito em duas etapas. Primeiro calculou-se a área da copa de cada árvore (AC), determinada realizando duas medições do diâmetro da copa no sentido do eixo cartesiano; em seguida, fez-se a média das medições para obter o

valor do diâmetro médio (D) e aplicou-se a fórmula da área ($AC = (\pi \cdot D^2)/4$). Posteriormente somaram-se os valores de área de copa de todas as árvores cujo resultado foi dividido pela área das parcelas experimentais ($C = \sum n AC / A$).

Em que:

AC = área da projeção individual da copa;

D = diâmetro médio;

A = área da parcela (m^2);

C = cobertura de copa da área

Em cada parcela, foi calculada a área seccional (g) na altura do solo, por espécie. A partir da área seccional de cada espécie foi calculada a área basal de cada parcela (AB), a partir do somatório da área seccional de todas as espécies. A área seccional de cada espécie foi calculada pela fórmula $g = \pi \cdot (DAS^2)/4$.

A cobertura das copas foi utilizada para a comparação entre os tratamentos 2 e 3, inferindo-se sobre a eficiência dos mesmos no que diz respeito à cobertura do solo.

O índice de sobrevivência das espécies florestais, aos quatro anos após o plantio, foi comparado entre os sistemas de plantio e entre os grupos ecológicos (pioneiras e não pioneiras), pelo teste F (5%).

Os parâmetros dendrométricos (H, DAS, DC, AC) das espécies florestais nativas e seu incremento relativo e real, foram submetidas a análises descritivas e comparados por intervalo de confiança (95%) entre as espécies florestais, bem como entre os dois sistemas de plantio (T2 e T3).

Área basal, cobertura de copas e área da copa, foram comparadas pelo teste F (5%), considerando o ano da coleta dos dados (anos após a implantação do experimento; Ano 1, 2, 3 e 4), o grupo ecológico (Pioneira e Não Pioneira) e os sistemas de Plantio convencional (PC) e Sistema Agroflorestal (Taungya).

Os dados foram submetidos aos testes de Cochran e Lilliefors, sendo realizada transformação quando os mesmos não apresentavam homocedasticidade e distribuição normal. Os dados de sobrevivência e área basal foram transformados em \sqrt{x} e $\sqrt{x}+1$, respectivamente, e em $\log(x) + 1$, para cobertura e área das copas (Zimmermann, 2004). Após a transformação dos

resultados, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por teste de Tukey em 5% de probabilidade.

5.5.2. Análises químicas, físicas e microbiológicas do solo

Para caracterização da fertilidade do solo e sua comparação entre todos os tratamentos foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 10 cm em três épocas distintas. A primeira coleta foi realizada em abril de 2013, antecedendo a implantação do experimento, a segunda coleta aos oito meses após a implantação do experimento (dezembro/2013) e a terceira aos quatro anos (abril/2017). Na análise química do solo foram determinados o pH em água (relação 1:2,5), os teores de P e K (Extrator Mehlich-1), Ca, Mg (Extrator: KCl - 1 mol.L⁻¹), Matéria Orgânica (Walkley-Black), H + Al (Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol.L⁻¹, pH 7,0) e determinada a Soma de Bases, a Capacidade de Troca Catiônica e a Saturação por Bases.

A caracterização química foi determinada obtendo-se uma amostra composta formada por seis amostras simples coletadas de forma aleatória, com um trado tipo sonda, em cada parcela dos tratamentos Isolamento, PC e Taungya. Na Nucleação a coleta das amostras simples foi feita no centro de cada núcleo formado pela transposição do banco de sementes do solo. Sendo assim foram coletadas duas amostras simples no centro de cada um dos três núcleos distribuídos de forma aleatória dentro das parcelas deste tratamento.

Para caracterizar a densidade do solo, pelo método do anel volumétrico (Embrapa, 1997), e sua comparação entre todos os tratamentos, foram coletadas amostras de solo com o uso de um trado volumétrico cilíndrico, na profundidade de 0 a 5 cm, aos quatro anos após a implantação do experimento (abril/2017). Para coleta das amostras indeformadas de solo foi utilizado um anel de aço de bordos cortantes e capacidade interna de 100 cm³. Sendo assim, no tratamento Isolamento, a densidade aparente do solo foi determinada a partir de quatro amostras de solo coletadas de forma aleatória em cada uma das parcelas deste tratamento. Nos tratamentos de PC e Taungya foram coletadas quatro amostras por parcela, na linha das espécies florestais e quatro amostras nas entre linhas. Na área de nucleação foram coletadas quatro amostras no centro de cada um dos três núcleos formados a partir da transposição do banco de sementes, quatro

amostras a 0,5 m da extremidade e outras quatro a 1 metro da extremidade de cada núcleo.

Para fins de análise estatística, a amostragem na linha e na entre linha dos tratamentos PC e Taungya, bem como a amostragem estratificada na Nucleação foram consideradas como um tratamento. Sendo assim, os tratamentos PC e Taungya foram analisados como T2L e T3L (coleta das amostras na linha das espécies florestais) e T2EL e T3EL (coleta das amostras nas entre linhas das espécies florestais). Como na Nucleação a coleta das amostras foi feita de forma estratificada, a mesma foi desmembrada em T4N1 (amostras do centro de cada núcleo), T4N2 (amostras a 0,5 m da extremidade) e T4N3 (amostras a 1 m da extremidade).

Após coleta, as amostras obtidas foram secas em estufa a 105 °C e pesadas com utilização de instrumento de precisão. A densidade aparente (D_a) foi determinada como função da massa de solo seco e do volume conhecido ($D_a = \text{Massa}/\text{Volume}$), conforme metodologia descrita por Embrapa (1997).

Para avaliar a influência das diferentes técnicas de recuperação de áreas ciliares degradadas sobre a população microbiana, foram tomadas amostras de solo por parcela, na profundidade de 0-5 cm, na linha e entre linha de plantio das espécies florestais em PC e sistema Taungya, na área em Isolamento/Regeneração natural, e nas parcelas de Nucleação. Nas parcelas da Nucleação foram retiradas amostras no centro de cada núcleo formado a partir da transposição do banco de sementes do solo, a 0,5 m e 1 m da extremidade de cada um desses núcleos. Essa amostragem em cada núcleo formado a partir da transposição do banco de semente do solo visa avaliar a da microbiota contida no solo transposto sobre a variação da microbiota na parcela avaliada.

Na área de Isolamento, as amostras simples foram coletadas de forma aleatória ao longo da parcela experimental. Foram coletadas seis amostras simples para compor uma amostra composta por parcela.

Para o Plantio Convencional e Sistema Taungya também foi coletada uma amostra composta, formada por seis amostras simples, em cada parcela. A coleta das amostras simples foi feita na linha e nas entre linhas de plantio das espécies florestais.

Para a Nucleação a amostragem foi feita de forma estratificada, em cada núcleo do banco de sementes do solo. Assim, foram tomadas seis amostras

simples no centro de cada um dos três núcleos alocados nas parcelas experimentais, para compor uma amostra composta. Da mesma forma, também foram retiradas seis amostras simples a 0,5 m e seis amostras a 1 m da extremidade de cada núcleo, para compor amostras compostas nestas duas distâncias. Para fins de análise estatística, passamos a considerar cada uma das amostras estratificadas da Nucleação como um tratamento, assim como na avaliação da densidade do solo.

A coleta de amostras foi realizada em quatro épocas. A primeira coleta foi realizada após a limpeza da área para a implantação do experimento, em março de 2013. A segunda e terceira coleta, em janeiro de 2014 e fevereiro de 2016, respectivamente. E a quarta coleta realizada em abril de 2017, aos quatro anos após a implantação do experimento.

As amostras simples foram misturadas, formando amostras compostas, que, em seguida, foram acondicionadas em saco de papel e levadas ao laboratório de microbiologia do solo, da UENF, para determinação do número de bactérias e fungos por grama de solo, pelo método da contagem viável em placa.

Para contagem de bactérias foi utilizado o meio de Bunt e Rovira (1995), para o crescimento das colônias, adicionado de actidione. Para a contagem de fungos, foi utilizado o meio de Martin (1950), para o crescimento das colônias, acrescido de 70 mgL⁻¹ de rosa-de-bengala e 100 mgL⁻¹ de uma mistura dos antibióticos penicilina e estreptomicina. Foram pesados 10 g de cada amostra de solo e colocados em Erlenmeyer contendo 100 mL de solução salina (0,85%) esterilizada. Outros 10 g de solo de cada amostra foram pesados e colocados para secar em estufa a 80 °C, por 24 horas, para determinação do peso seco de cada amostra. O solo colocado no Erlenmeyer foi então homogeneizado e antes de sedimentar, foi pipetado 1 mL do extrato e colocado em tubo de ensaio com 9 mL da solução salina. Assim, a diluição foi realizada de forma seriada até 10⁻⁶. Foram pipetados 0,1 mL das diluições 10⁻⁴, 10⁻⁵ e 10⁻⁶ para placas de petri contendo meio de cultura ágar-nutriente para bactérias e 10⁻³, 10⁻⁴ e 10⁻⁶ pipetados para as placas de petri com meio de Martin para fungos. Os inóculos foram espalhados pelas placas com o auxílio da alça de Drigalsky. As placas foram então inoculadas a 28 °C, de forma invertida, por 3 dias, para contagem de bactérias e 5 dias para a contagem de fungos. Os resultados finais foram

expressos em número de microrganismos por grama de solo, dados pela seguinte fórmula:

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de microrganismos}}{\text{grama de solo}} = \frac{(\text{N}^\circ \text{ de colônias}) \times \left(\frac{1}{\text{fator de diluição}}\right) \times \left(\frac{1}{\text{alíquota}}\right)}{\text{peso seco do solo}}$$

A comparação dos dados foi realizada a partir de um esquema de parcelas subdivididas no tempo, com 4 tratamentos (Isolamento, Plantio convencional, Taungya e Nucleação), 4 repetições e 4 épocas de coleta de amostras de solo para análise microbiológica. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as épocas de coleta e os tratamentos comparados pelo teste de tukey (5%).

5.5.3. Avaliação da regeneração natural

Aos quatro anos após a implantação do experimento foi realizado uma avaliação, na qual todos os indivíduos arbustivos e arbóreos plantados e regenerantes com altura superior a 60 cm de altura foram identificados e mensurados. A avaliação das espécies em regeneração foi realizada na área total de cada parcela de 504 m² da área experimental.

Todos os indivíduos amostrados foram identificados quanto a família, espécie, nome popular, síndrome de dispersão e grupo ecológico, e medidos em altura. O material botânico testemunho foi coletado para auxiliar nas identificações feitas com base na literatura especializada e em consulta a especialistas e coleções do Herbário da Universidade Estadual do Norte Fluminense.

Os parâmetros estimados para a regeneração natural foram densidade (n^o ind.ha⁻¹), porcentagem de indivíduos zoocóricos, porcentagem de cobertura de copa, equidade (J'), riqueza (S'), altura média (metros) e porcentagem de infestação por gramíneas invasoras, conforme metodologia proposta pelo Instituto estadual do ambiente (Inea, 2017).

5.5.4. Chuva de sementes

Para avaliar a chuva de sementes que chega à área em recuperação, coletores de sementes (molduras de madeira de 1 m² com fundo de sombrite,

malha 5 mm, a 50 cm de altura do solo) foram instalados ao longo do experimento. Sendo assim, a chuva de sementes foi avaliada a partir de 16 coletores, distribuídos no centro de cada uma das 16 parcelas do experimento (1 coletor por parcela) (Figura 19).



Figura 19. (A e B) Coletores de sementes para avaliação da chuva de sementes em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara RJ.

A coleta do material presente em cada coletor foi realizada a cada dois meses (janeiro de 2016 a janeiro de 2017) sendo o material armazenado em sacos plásticos, previamente identificados e conduzidos ao Setor de Silvicultura (Universidade Estadual do Norte Fluminense), para a triagem do material coletado, na qual foram separadas, manualmente, as sementes do restante da serapilheira. As sementes capturadas foram depositadas em bandejas com substrato comercial e levadas à casa de vegetação. O método de avaliação adotado foi o de emergência de plântulas. As espécies amostradas foram classificadas quanto à categoria sucessional e à síndrome de dispersão.

5.5.5. Cobertura do solo por gramíneas

Para avaliar a interferência das espécies florestais e do manejo adotado nos quatro sistemas propostos para recuperação de faixa ciliar sobre a massa seca das espécies herbáceas, como gramíneas, principalmente capim colômbio e

capim angola, foi realizada uma amostragem, de forma sistemática, em cinco pontos, com gabaritos de $0,25 \text{ m}^2$ Figura (20), dispostos dentro de cada parcela do experimento (504 m^2).

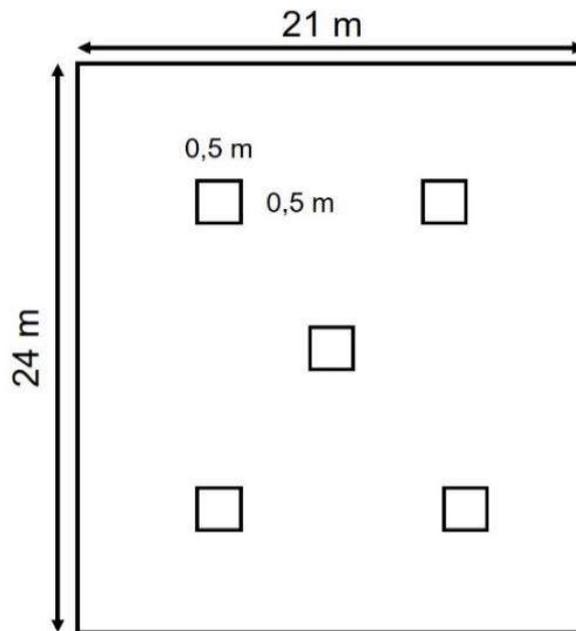


Figura 20. Amostragem sistemática para avaliação da cobertura de gramíneas, realizada em cada parcela de 504 m^2 , em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

O material vegetal presente dentro da área de $0,25 \text{ m}^2$ foi coletado, acondicionado em sacos de papel, identificados e levados ao Laboratório de Fitotecnia (UENF), onde foram levados à estufa ($80 \text{ }^\circ\text{C}$ por 72 horas), para determinar o peso seco de cada amostra. A avaliação da cobertura imposta pelas gramíneas foi realizada em dezembro/2015 e dezembro/2016, sempre antes do manejo adotado para a limpeza das parcelas experimentais.

Aos quatro anos após a implantação do experimento, para avaliação da cobertura imposta pelas gramíneas, foram novamente amostradas cinco subparcelas de 2 x 2 m, seguindo a mesma distribuição sistemática apresentada na figura 20. Essa avaliação, foi feita visualmente dentro dos limites de cada subparcela, seguindo porcentagem de cobertura do solo por gramíneas situadas entre 0 e 25%, 25 a 50%, 50 a 75% e 75 a 100%, conforme metodologia proposta pelo Inea (Inea, 2017). O valor de cobertura do solo por gramíneas invasoras foi dado pela média das amostras tomadas em cada parcela.

5.5.6. Caracterização dos custos e receitas

Para a avaliação comparativa de custos e manejo entre os tratamentos, todas as operações de implantação, plantio, manutenção, colheita e manejos foram monitoradas e os rendimentos operacionais registrados. Os dados das culturas agrícolas foram coletados ao final de cada ciclo de cultivo. A partir desses dados, foi avaliada a produtividade efetiva de cada componente, considerando a área efetiva de plantio, em cada ciclo.

Os valores para mão de obra, insumos e horas/máquina foram obtidos em consulta a empresas que atuam no mercado regional. O valor de venda dos produtos agrícolas (milho, feijão, mandioca, pimenta biquinho, pimenta malagueta), bem como dos produtos não agrícolas, provenientes das espécies florestais utilizadas nos dois sistemas de plantio, como aroeira pimenteira, foram obtidos em consulta aos valores trabalhados no mercado regional. Foi avaliado o retorno econômico dos diferentes produtos em consórcio ao final de cada ciclo e o quanto este retorno econômico contribui para amortizar os custos de implantação dos sistemas propostos.

5.5.7. Avaliação da recuperação

Aos quatro anos após a implantação dos modelos propostos para revegetação da faixa ciliar do rio Paraíba do Sul, foi feita uma avaliação por meio da metodologia de monitoramento da recuperação florestal no estado do Rio de Janeiro, proposta pela resolução nº 143 DE 14 de junho de 2017 do Instituto Estadual do Ambiente (Inea). Segundo a metodologia, as variáveis utilizados

foram: densidade (n° ind.ha⁻¹), porcentagem de indivíduos zoocóricos, porcentagem de cobertura de copa, equidade (J'), riqueza (S'), altura média (metros) e porcentagem de infestação por gramíneas invasoras.

Para coleta de dados, considerou-se a área de cada parcela do experimento (504 m²). Dentro de cada uma das parcelas foram identificados e mensurados os indivíduos plantados e regenerantes maiores que 60 cm de altura. Os dados foram anotados em planilhas e para análises desses dados consideramos a média dos parâmetros obtida em cada tratamento avaliado.

Em posse dos dados, cada variável foi comparada à escala de valores adotada pelo Inea para os projetos de recuperação no estado do Rio de Janeiro. Por meio da "Calculadora da Restauração" foi possível chegar ao conceito final para as técnicas de Isolamento da área, PC e Nucleação (Figura 21) e para o sistema Taungya (Figura 22), apontando para a aprovação ou necessidade de adequação dos mesmos. Os resultados podem variar conforme escala abaixo:

Crítico (valor muito abaixo do esperado) = nota 0 (zero);

Mínimo (valor entre o crítico e o adequado) = nota 0,65;

Satisfatório (atinge o valor esperado ou superior) = a nota 1 (um).

Sendo assim, tratamentos com nota maior do que 8,0 são considerados satisfatórios. Valores abaixo de 8,0 conduzem a revisão das ações do projeto com vistas ao atingimento dos parâmetros considerados desejáveis para o 4^o ano pós-plantio. É importante considerar que, caso algum parâmetro não pontue, para um determinado tratamento, seria preciso revisar o mesmo.

Parâmetros indicadores	Crítico = 0	Mínimo = 0,65	Adequado = 1	Resultados do monitoramento	Nota
Densidade (n° ind./ha)	< 1111	≥ 1111 < 1250	≥ 1250		
Ind. Zoocóricos (%)	< 40	≥ 40 < 60	≥ 60		
Cobertura de copa (%)	< 50	≥ 50 < 70	≥ 70		
Equidade J'	< 0,6	≥ 0,6 < 0,8	≥ 0,8		
Riqueza S'	< 10	≥ 10 < 20	≥ 20		
Altura média (m)	< 2	≥ 2 < 3	≥ 3		
Infestação de gramíneas (%)	≥ 30	> 20 < 30	< 20		
Conceito final*				0,00	

*Conceito final > 8,0 = satisfatório; < 8,0 = insuficiente
 *O conceito final (CF) foi calculado da seguinte forma: $CF = \sum \text{nota} \times 1,4286$

Figura 21. “Restauradora” – calculadora da restauração florestal do INEA-RJ¹ para fins de avaliação de projetos de restauração, aos quatro anos após a implantação, nas fitofisionomias florestais de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual.

¹Disponível em: <<http://www.restauracaoflorestalrj.org>>.

Parâmetros indicadores	Crítico = 0	Mínimo = 0,65	Adequado = 1	Resultados do monitoramento	Nota
Densidade/arbóreas (n° ind./ha)	< 500	> 500 < 600	> 600		
Ind. Zoocóricos (%)	< 40	≥ 40 < 60	≥ 60		
Cobertura de copa (%)	< 60	≥ 60 < 80	≥ 80		
Equidade J'	< 0,6	≥ 0,6 < 0,8	≥ 0,8		
Riqueza espécies nativas S'	< 15	≥ 15 < 20	≥ 20		
Riqueza espécies agrícolas	< 1	≥ 2 < 5	≥ 5		
Espécies exóticas arbóreas	> 50	≤ 50 > 20	≤ 20		
Altura média (m)	< 2	≥ 2 < 3	> 3		
Infestação de gramíneas (%)	≥ 30	> 20 < 30	< 20		
Conceito final*				0,00	

*Conceito final > 8,0 = satisfatório; < 8,0 = insuficiente
 *O conceito final (CF) foi calculado da seguinte forma: $CF = \sum \text{nota} \times 1,11$

Figura 22. “Restauradora” – calculadora da restauração florestal do INEA-RJ¹ para fins de avaliação de projetos de restauração, aos quatro anos após a implantação, nas fitofisionomias florestais de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual.

¹Disponível em: <<http://www.restauracaoflorestalrj.org>>.

A partir da metodologia proposta pelo Inea, foi descrito um conceito final para cada sistema proposto nesta área e também uma nota para diferentes critérios avaliados. Esta nota foi aplicada em um gráfico tipo radar, onde cada um dos eixos corresponde a um dos critérios, compondo em seu conjunto as dimensões. Neste gráfico, quanto maior os valores observados nos eixos do gráfico, melhor o desempenho do sistema para o critério avaliado (Sepúlveda, 2008).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Espécies florestais em Plantio Convencional e Sistema Taungya

6.1.1. Sobrevivência

A sobrevivência das espécies florestais aos quatro anos foi superior a 70% e não diferiu estatisticamente entre o Plantio Convencional (PC) e o Sistema Taungya, nem entre Pioneiras (P) e Não Pioneiras (NP) (Figura 23).

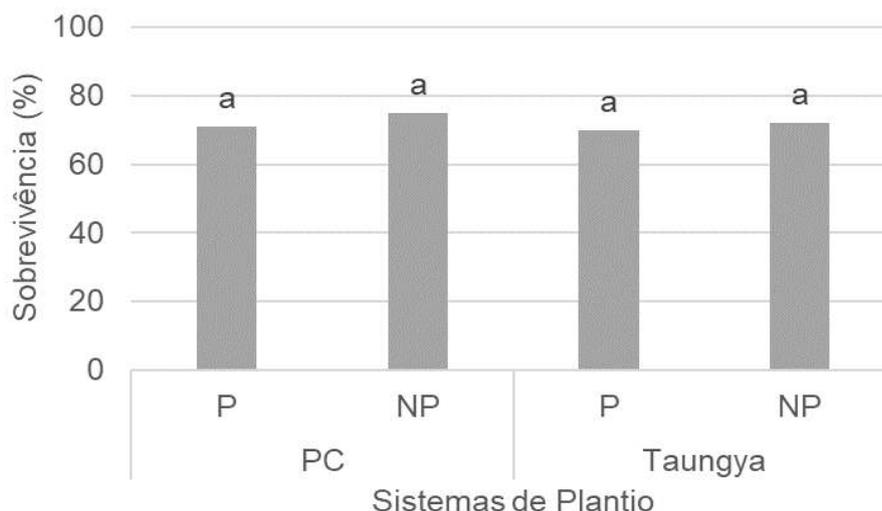


Figura 23. Índice de sobrevivência (%) das espécies florestais, considerando o grupo ecológico (P e NP) em dois sistemas de manejo (PC e Taungya), aos quatro anos e seis meses após o plantio, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul e seu encontro com rio Pomba, no município de Itaocara, RJ. Sendo: P = Pioneira; NP = Não Pioneira; PC = Plantio Convencional; Taungya = Sistema Agroflorestal.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Segundo Schievenin et al. (2012), conhecer a sobrevivência das espécies florestais arbóreas em áreas de restauração permite perceber se o plantio está ou não recebendo a manutenção necessária, bem como se as espécies utilizadas são adequadas para as condições climáticas da região do empreendimento. Diante da sua importância, outras pesquisas também avaliaram a sobrevivência de espécies florestais arbóreas em diferentes condições climáticas, biomas e modelos de plantio (Martinotto et al., 2012; Silva et al., 2016). Estes estudos apontam que a taxa de sobrevivência, quando adequada, pode variar de 80 a 100%, de acordo com as espécies utilizadas e suas características, bem como devido a condições meteorológicas após o plantio, condições desfavoráveis do solo, ataque de formigas, cupins, fungos, competição com plantas daninhas e também devido aos fatores relacionados às operações de plantio.

Oliveira et al. (2015), buscando avaliar crescimento de espécies nativas em um plantio de recuperação, encontraram porcentagem de sobrevivência média de 87% um ano após plantio e 70,2% cinco anos após plantio de dez espécies florestais. Os autores ainda afirmam que, aos cinco anos, a sobrevivência média encontrada (73,8%) pode ser considerada elevada, tendo como base valores acima de 60% encontrados em outros trabalhos. A taxa de sobrevivência encontrada no presente estudo, às margens do Rio Paraíba do Sul, foi semelhante aos valores encontrados por Oliveira et al. (2013), considerando o mesmo período avaliado, sendo de 80 a 100% no primeiro ano após o plantio (Oliveira, et al., 2016) e de aproximadamente 72% aos quatro anos (Figura 21). Outros trabalhos também apontam como referência para sobrevivência de espécies florestais na fase inicial dos projetos de recuperação de áreas degradadas de taxas que variam de 80 a 90% (Piña-Rodrigues et al., 1997; Almeida e Sánchez, 2005; Glehn, et al., 2011; Oliveira et. al., 2015; Silva et al., 2016).

No estado do Rio de Janeiro, a resolução nº 89 de 3 de junho de 2014 e a resolução nº 143 de 14 de junho de 2017 do Instituto Estadual do Ambiente (Inea), destacam as etapas de manutenção e monitoramento dos projetos de reposição florestal. Essas resoluções também descrevem os índices a serem utilizados como indicadores da qualidade do povoamento, como a mortalidade dos indivíduos arbóreos, classificados por espécie, dentre os que foram plantados, considerando um nível aceitável até 20%.

No presente estudo, a sobrevivência aos quatro anos após o plantio, tanto no sistema Taungya (73%) quanto no PC (71%) encontra-se abaixo do nível mínimo descrito pela norma fluminense (Inea, 2017). Dentre os fatores responsáveis pela taxa de sobrevivência aos quatro anos após a implantação do experimento, destacam-se as condições meteorológicas encontradas durante todo o ciclo experimental, como a precipitação abaixo da média histórica, principalmente nos meses de janeiro a março de 2014, dezembro de 2014 a fevereiro de 2015 e em todo ano de 2017 (Figura 2); bem como a competição imposta por plantas daninhas, principalmente os capins colônia e angola, espécies exóticas.

A escolha das espécies também pode ser considerada um fator determinante para a taxa de sobrevivência encontrada (Tabela 2).

Tabela 2. Número de indivíduos e percentual de sobrevivência por espécie, em dois sistemas de manejos (Plantio Convencional - PC e Sistema Taungya), aos quatro anos após o plantio às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

ESPÉCIE	PC		TAUNGYA	
	N	Sobrevivência (%)	N	Sobrevivência (%)
LEITEIRA	50	66	28	57
GOIABA	17	76	12	67
CAJU	52	54	43	58
AROEIRA	15	100	28	89
MONJOLO	29	90	53	75
PAU-FERRO	8	88	8	100
MOLOLO	12	83	14	86
GABIROBA	8	38	7	29
JENIPAPO	8	25	8	13
ARAÇA	8	100	7	100
INGÁ	8	100	8	100
PITANGA	9	89	8	75

N = Número de indivíduos por espécies utilizados em cada tratamento

Mesmo sendo indicadas para a recuperação de áreas degradadas, a Leiteira (*Tabernaemontana hystrix*) e o Caju (*Anacardium occidentale*), espécies pioneiras, com frutificação atrativa para a fauna, rústicas, e adaptadas a ambientes secos (Lorenzi, 2002; Davide e Botelho, 2015; Simão et al., 2017), bem como o Jenipapo (*Genipa Americana*) e Gabiroba (*Campomanesia guazumifolia*), espécies não pioneiras, apresentaram baixo percentual de sobrevivência (Tabela 2). Esse fato pode estar relacionado a condições da área do presente estudo, baixos índices pluviométricos e elevada competição com gramíneas invasoras e agressivas (capim-colonião e capim-angola).

O Jenipapo apesar da baixa sobrevivência, é recomendado para reflorestamentos heterogêneos em áreas brejosas e recomposição de áreas degradadas, pois com características de espécies climácicas, fornece abundante alimento para a fauna (Ferreira et al., 2007). A Gabiroba é árvore do sub-bosque, decídua, de pequeno porte e tolerante à seca, é também uma importante árvore frutífera silvestre, com frutos doces e atrativos à fauna. Por essa razão é planta

indispensável na restauração de áreas (Lorenzi, 2002; Davide e Botelho, 2015; Simão et al., 2017).

Segundo Martinotto et al. (2012), a taxa de sobrevivência varia, em diferentes estudos, de acordo com a espécie, o tempo de permanência no campo e as condições climáticas e ambientais da área. A espécie florestal *Schinus terebinthifolius*, cultivada em áreas com diferentes estágios de sucessão no reservatório Iraí-PR, apresentou, aos vinte e quatro meses, índice de sobrevivência de 68% e 81% em duas áreas do reservatório que apresentavam diferentes graus de sucessão, ou seja, uma área onde a regeneração espontânea apresentava-se predominantemente constituída por gramíneas (“Área Aberta”) e outra área com estrato arbustivo mais desenvolvido (“Área de Capoeira”) (Chiamolera et al., 2011). Marcuzzo et al. (2015) verificaram, aos vinte e quatro meses após o plantio, índice de, aproximadamente, 70% para o Monjolo, 75% para Aroeira e 80% para Ingá. Este estudo, foi realizado no Parque Estadual Quarta Colônia, localizado nos municípios de Agudo e Ibarama, Rio Grande do Sul, na bacia hidrográfica do rio Jacuí, caracterizando-se por apresentar encostas florestadas e áreas em processo de restauração, decorrente da obra da Usina Hidrelétrica (UHE) Dona Francisca. Conforme Lima et al. (2015), a espécie *Caesalpinia ferrea* apresentou 51% de sobrevivência um ano após o plantio para recuperação de uma área de Caatinga, localizada no Alto do Aratikum, na cidade de Paulo Afonso, Bahia, área de Caatinga, com clima semiárido e precipitação pluviométrica entre 700 a 850 mm anuais. Para esses autores, a baixa sobrevivência da maioria das espécies reforça a necessidade de se buscar estratégias mais eficientes para aumentar a resistência de mudas em projetos de recuperação na caatinga.

6.1.2. Características dendrométricas

Segundo Campello et al. (2017), uma das principais decisões a serem tomadas antes de iniciar um projeto visando à restauração florestal é a escolha das espécies. Quanto mais limitante for a qualidade do sítio, menor será o número de espécies capazes de se estabelecer e crescer nessas condições. Entre os fatores limitantes encontrados na área do presente estudo, destacaram-se a existência de matriz de vegetação com gramíneas exóticas (gêneros *Urochloa* e

Panicum), baixa fertilidade do solo e a fragmentação e o isolamento dos fragmentos florestais, fonte de propágulos.

A recuperação das funções do ambiente também está diretamente relacionada com a escolha do modelo/técnica mais adequado, que vai depender de um diagnóstico, a partir do qual é realizado o seguinte levantamento: objetivos do projeto, condições ecológicas da área (resiliência), estado de degradação, aspecto da paisagem regional, disponibilidade de mudas e sementes, nível de conhecimento ecológico e silvicultural, custos de implantação e manutenção e, principalmente, o poder aquisitivo e grau de envolvimento do proprietário (Oliveira, et al., 2014; Botelho et al., 2015).

Segundo Soares (2012), também é importante considerar o arranjo e a composição dos grupos ecológicos de forma que sejam utilizados os modelos mais adequados para cada área. Diferentemente dos plantios florestais comerciais, a implantação de matas ciliares tem o objetivo de formar ambientes estáveis, que desempenhem funções semelhantes aos ecossistemas naturais e, principalmente, que sejam capazes de se autoperpetuar.

O comportamento das espécies florestais arbóreas, no que diz respeito à dinâmica da sucessão, é determinado, principalmente, intensidade luminosa (Maciel et al., 2003). Diante disso, Swaine e Whitmore (1988) definem dois grupos ecológicos de espécies em florestas tropicais: Espécies pioneiras e não pioneiras. Dentre as espécies avaliadas aos quatro anos após o plantio, as espécies pioneiras Monjolo (*Parapiptadenia rígida*) e Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) apresentaram as maiores médias de altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS) e área da copa (AC) tanto no sistema de PC quanto no sistema Taungya. Para o grupo ecológico das espécies não pioneiras, as maiores médias foram observadas para o Ingá (*Inga laurina*) e Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*). As espécies pioneiras e não pioneiras com as menores médias, nos dois sistemas de plantio, foram a Leiteira (*Tabernaemontana hystrix*), Goiaba (*Psidium guajava*) e Pitanga (*Eugenia uniflora*), Araça (*Psidium acutangulum*) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios para altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS) e área da copa (AC) das espécies florestais Pioneiras e Não Pioneiras em dois sistemas de plantio (Plantio Convencional – PC e Taungya), aos quatro anos, em experimento instalado às marges do rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

SISTEMA DE PLANTIO						
Pioneiras	PC			TAUNGYA		
	H	DAS	AC	H	DAS	AC
Leiteira	1,6	4,3	1,5	2,1	5,6	3,0
Goiaba	2,4	5,5	4,4	2,0	6,6	5,5
Caju	3,0	7,2	3,3	3,1	8,4	4,9
Aroeira	3,2	11,5	15,0	3,2	13,3	18,4
Monjolo	5,0	16,1	17,6	4,2	9,5	15,6
Não Pioneiras						
Pau ferro	3,1	6,4	5,4	3,5	7,4	7,1
Mololo	1,7	6,1	2,8	1,9	8,2	4,1
Gabirola	2,9	4,1	2,7	2,4	4,5	2,6
Araçá	2,0	5,6	1,3	1,6	8,0	1,6
Ingá	4,6	5,3	3,4	4,1	4,1	2,1
Pitanga	1,2	19,0	21,3	1,0	15,5	19,1
Jenipapo	3,0	3,3	2,4	3,5	2,9	2,4

A partir da análise dos parâmetros dendrométricos (H, DAS e AC), foi possível observar um comportamento distinto para cada espécie florestal avaliada, entre os dois sistemas de manejos (PC e Taungya), ao longo dos quatro anos após o plantio. No segundo ano após a implantação do experimento, observou-se a influência do plantio convencional sobre a Goiaba (*Psidium guajava*) e o Monjolo, no que diz respeito à altura e área da copa. No que se refere ao DAS e AC é importante destacar que, mesmo não sendo observado diferença entre os dois sistemas, detectou-se que esses parâmetros apresentaram incremento a partir do terceiro ano e com isso se sobressaíram no sistema Taungya quando comparado ao PC. Ainda no segundo ano, observou-se a influência do plantio convencional sobre diâmetro, área e cobertura da copa do Araçá (*Psidium acutangulum*) e também sobre o diâmetro do Ingá. No terceiro ano observou-se influência do sistema taungya na área da copa e na cobertura da

copa da Leiteira (*Tabernaemontana hystrix*) e plantio convencional na área e cobertura da copa do Ingá. Neste mesmo ano, Goiaba, Monjolo, Gabiroba e Araçá foram influenciados pelo plantio convencional no que diz respeito a altura, diâmetro, área e cobertura das copas. Aos quatro anos após o plantio, a Leiteira apresentou maior diâmetro, área e cobertura das copas no sistema taungya, quando comparado ao plantio convencional (Figuras 24, 25, 26, 27, 28, 29).

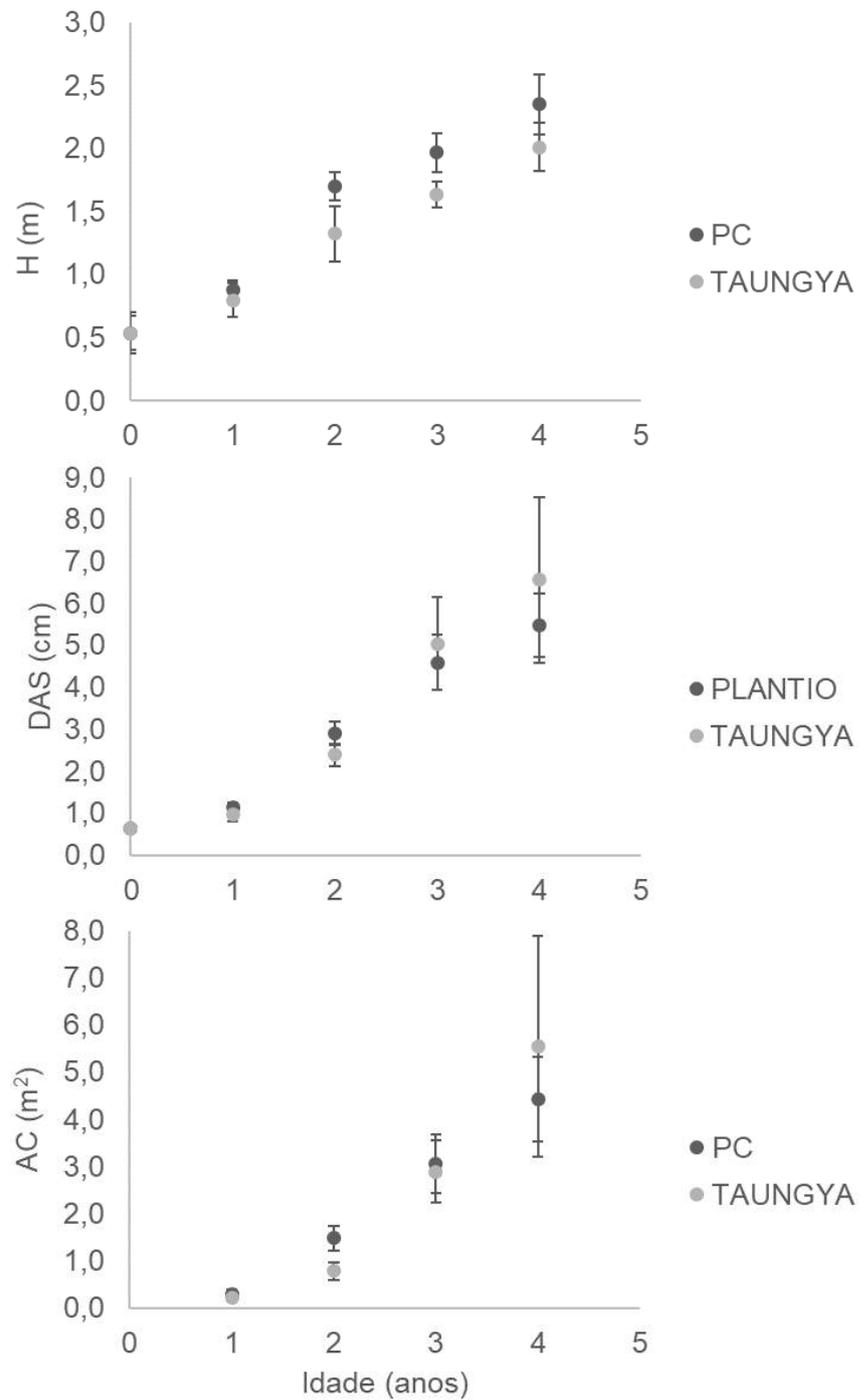


Figura 24. Valores médios anuais para altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS) e área da copa (AC) da Goiaba, comparados entre dois sistemas de manejo (Plantio Convencional – PC e Taungya), em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

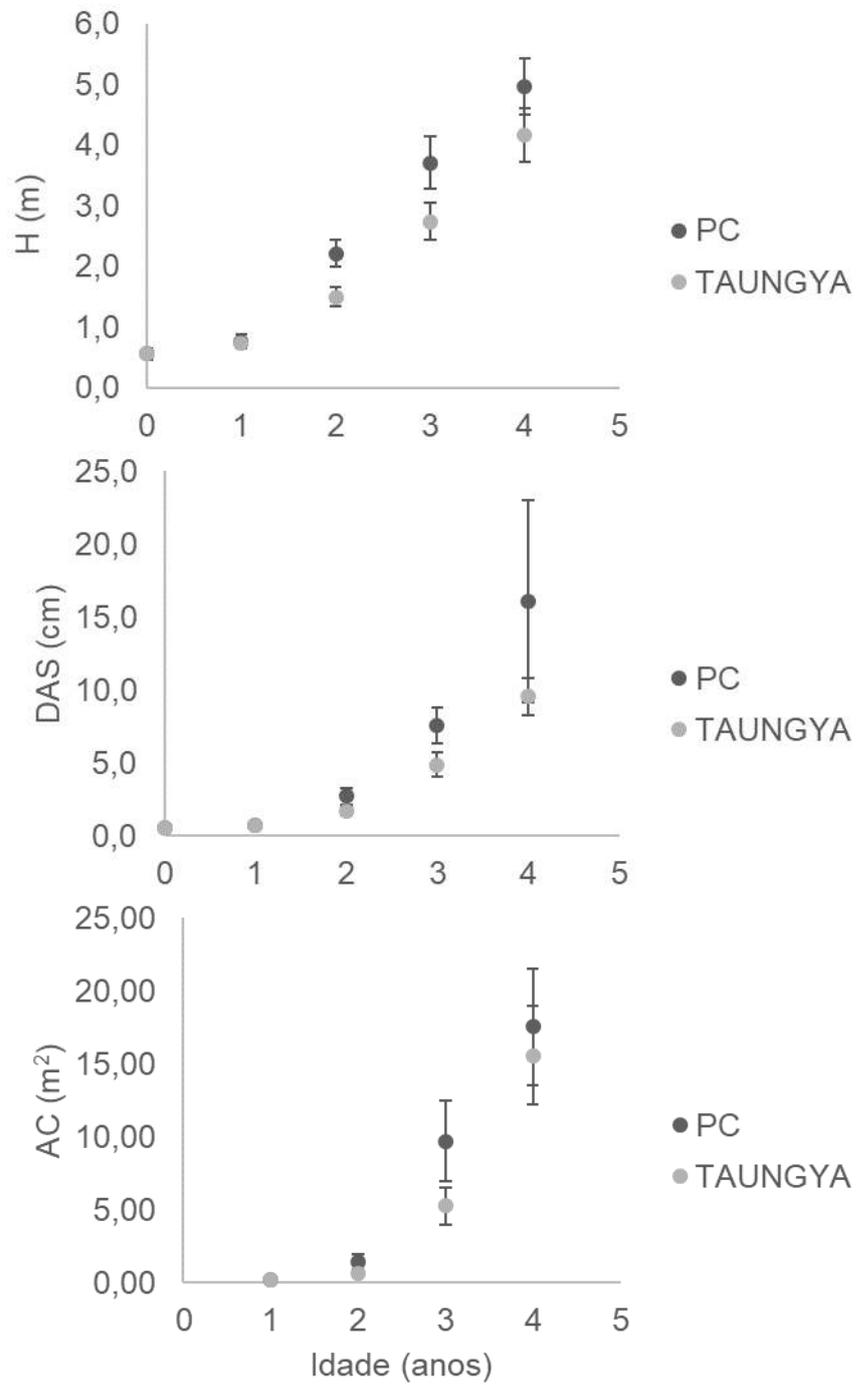


Figura 25. Valores médios anuais para altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS) e área da copa (AC) do Monjolo, comparados entre dois sistemas de manejo (Plantio Convencional – PC e Taungya) em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ. Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

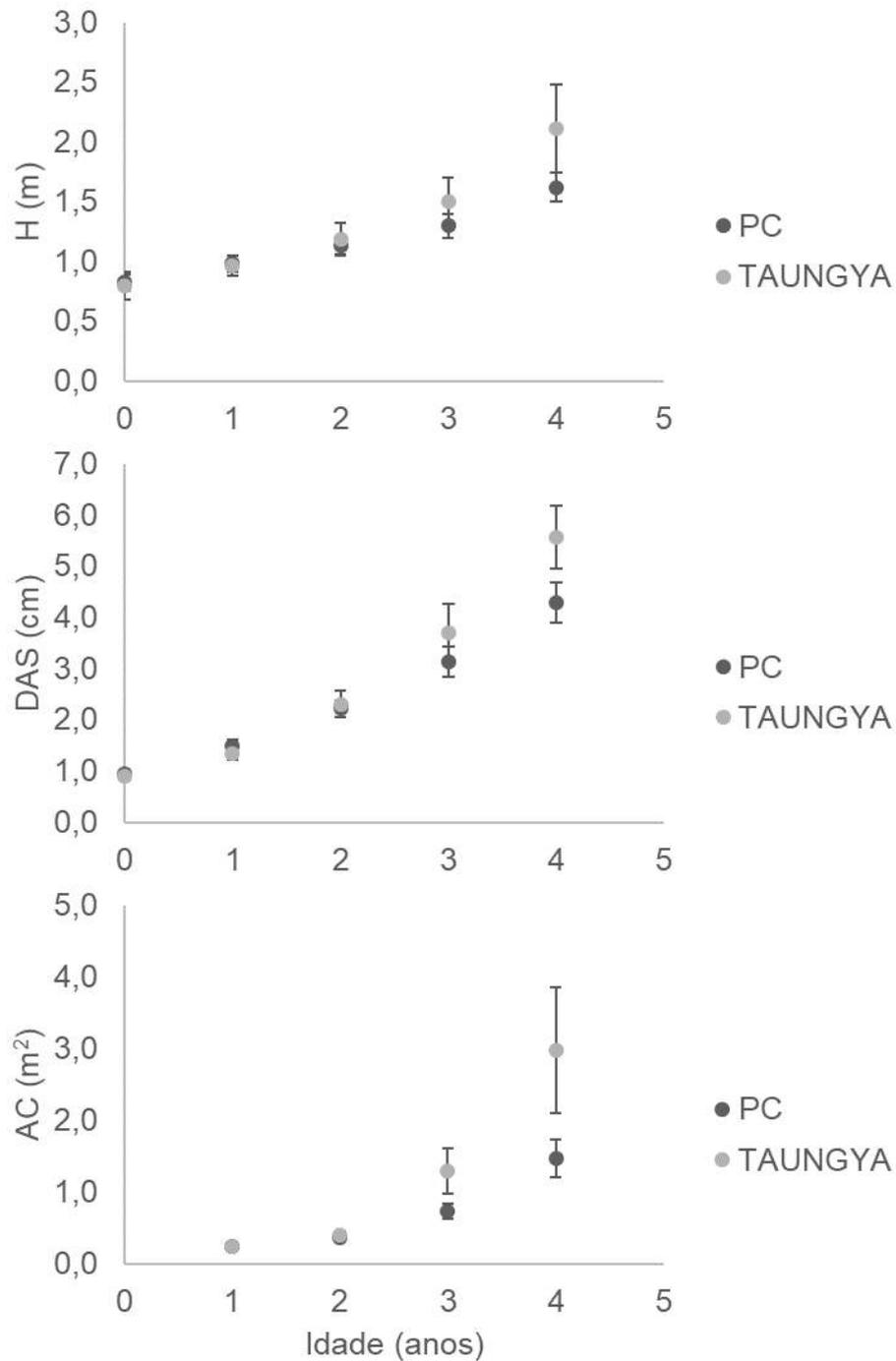


Figura 26. Valores médios anuais para altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS) e área da copa (AC) da Leiteira, comparados entre dois sistemas de manejo (Plantio Convencional – PC e Taungya), em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

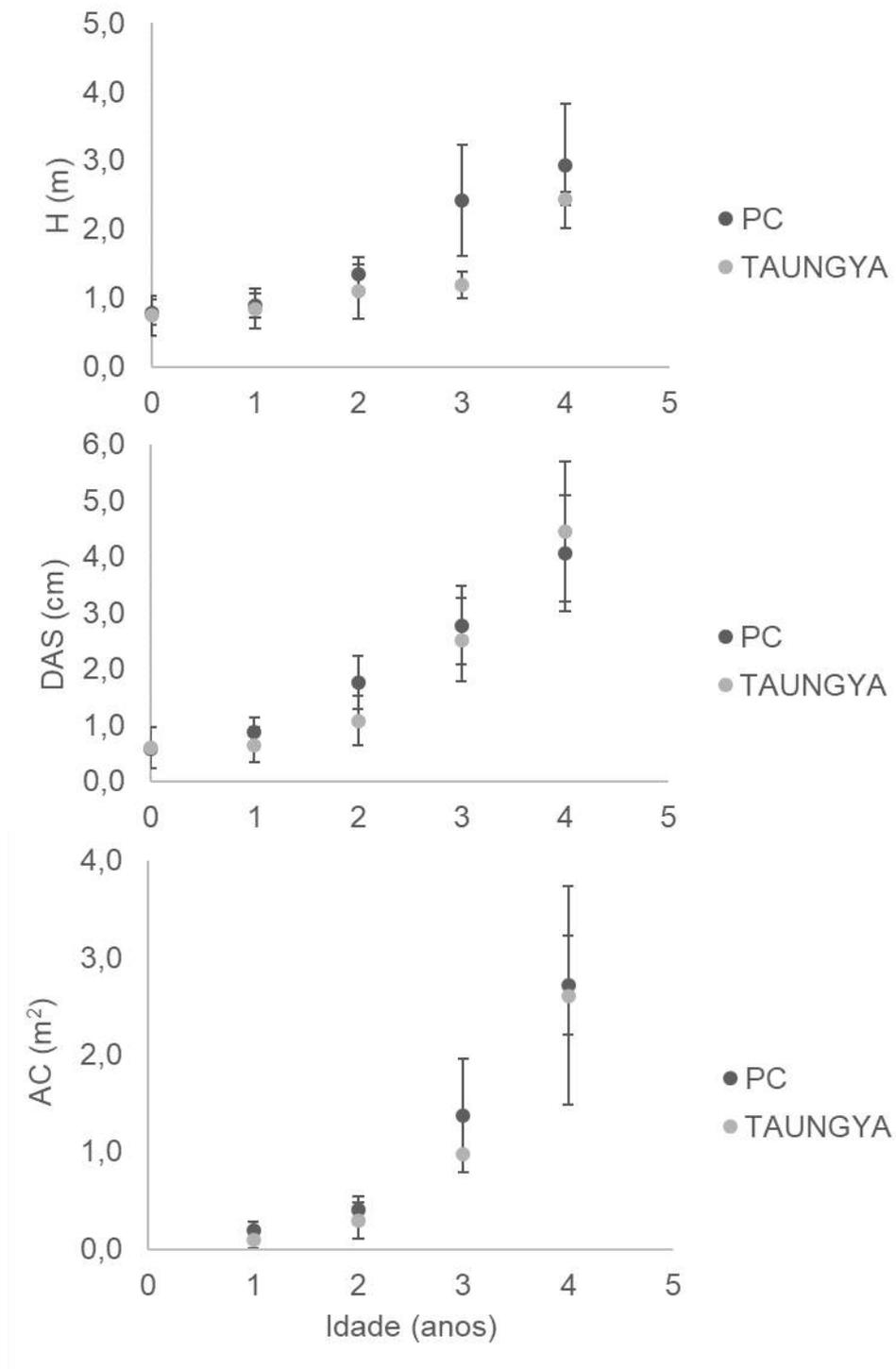


Figura 27. Valores médios anuais para altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS) e área da copa (AC) da Gabiroba, comparados entre dois sistemas de manejo (Plantio Convencional – PC e Taungya), em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

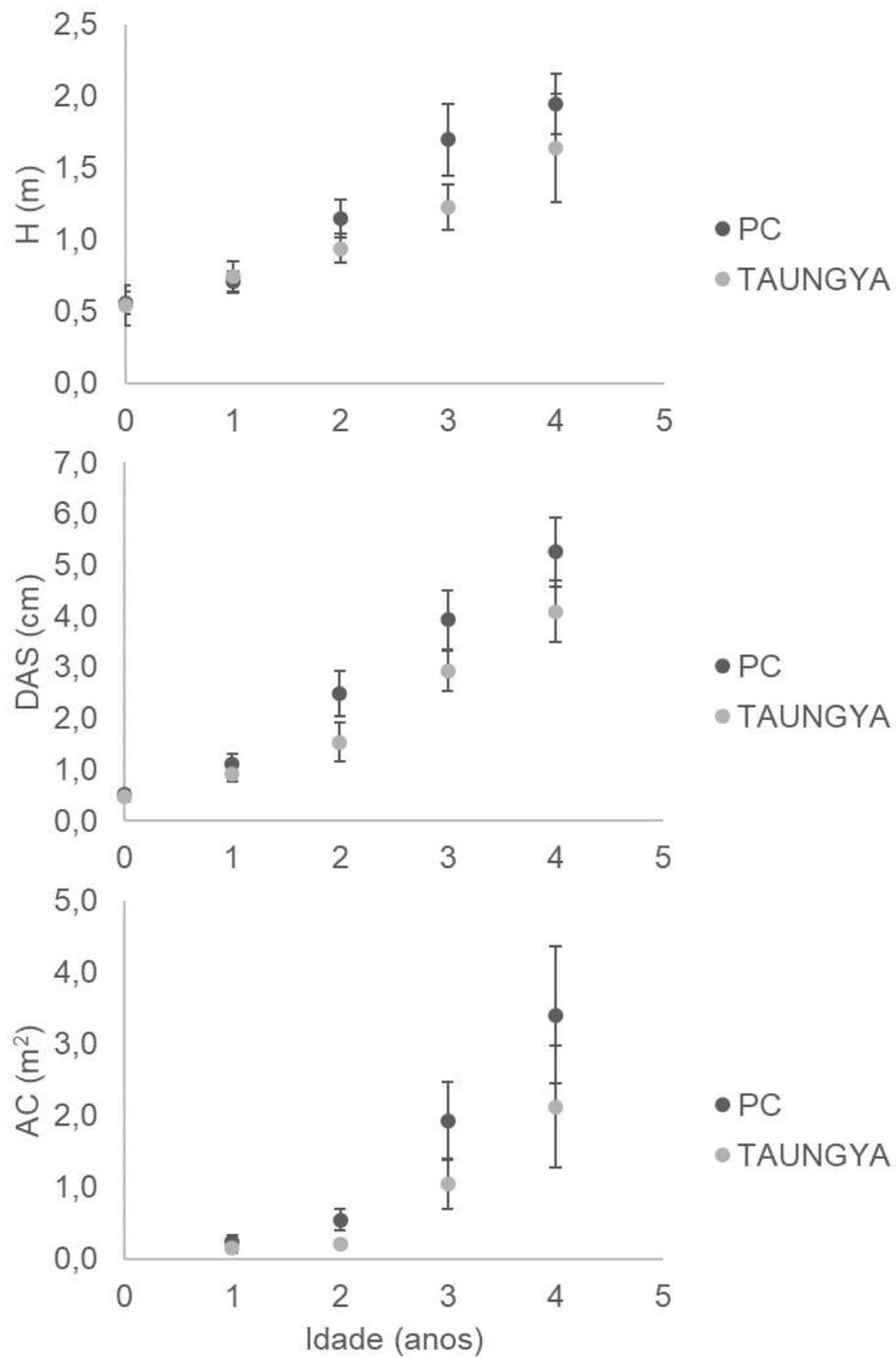


Figura 28. Valores médios anuais para altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS) e área da copa (AC) do Araçá, comparados entre dois sistemas de manejo (Plantio Convencional – PC e Taungya) em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

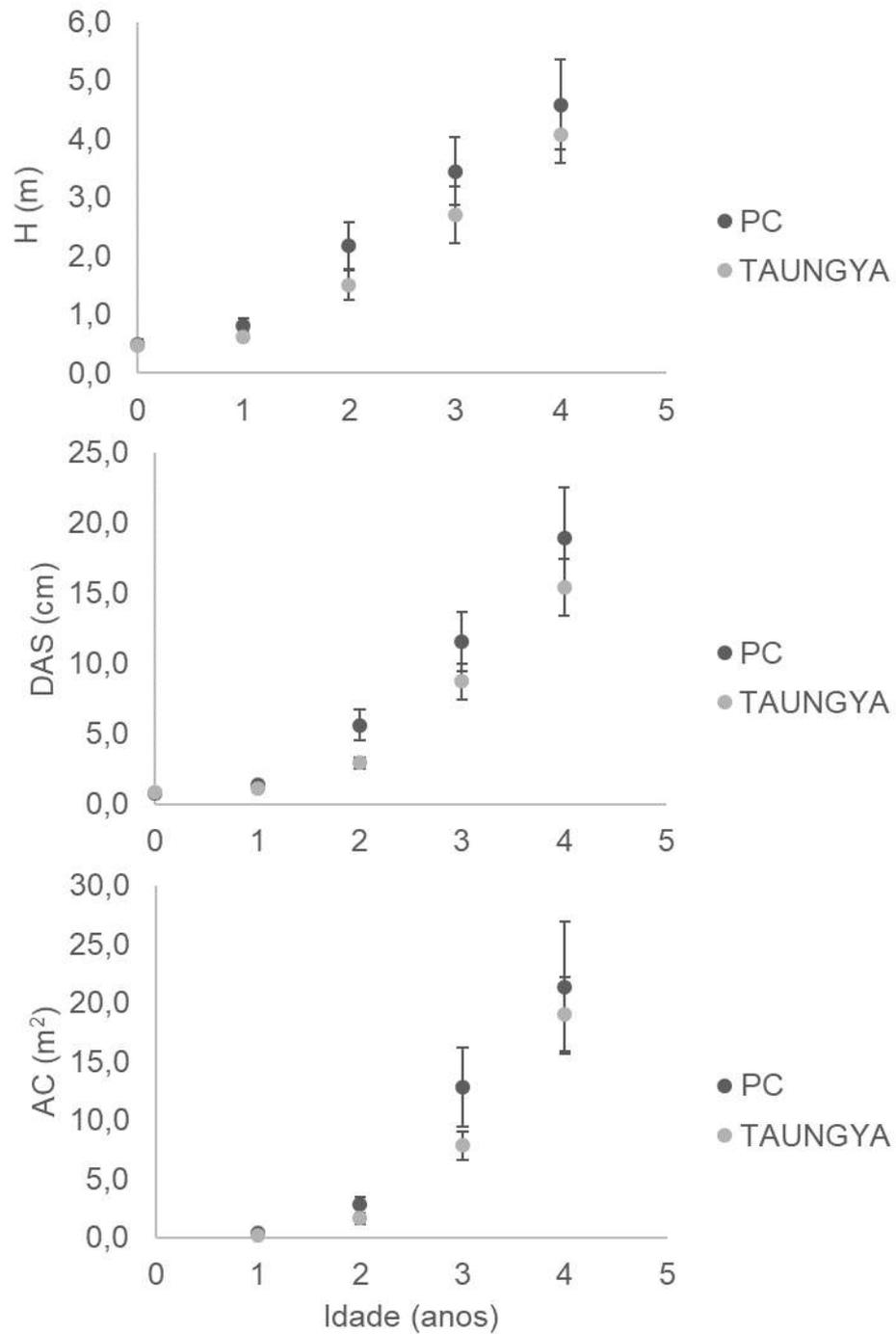


Figura 29. Valores médios anuais para altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS) e área da copa (AC) do Ingá, comparados entre dois sistemas de manejo (Plantio Convencional – PC e Taungya) em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

Para as espécies pioneiras Caju (*Anacardium occidentale*) e Aroeira, e não pioneiras Mololo (*Piptocarpha macropoda*), Pau-ferro (*Caesalpinia férrea*) e Pitanga (*Eugenia uniflora*), não foram observadas diferenças entre os dois sistemas para os parâmetros avaliados ao longo dos quatro anos. Em relação às espécies Caju, Aroeira, Mololo e Pau-ferro é importante destacar que, mesmo não sendo observada diferença para DAS, AC e CobCopa entre os dois sistemas, detectamos que esses parâmetros apresentaram um crescimento a partir do terceiro ano e com isso se sobressaíram no sistema Taungya quando comparado ao PC (Figuras 30, 31, 32, 33, 34).

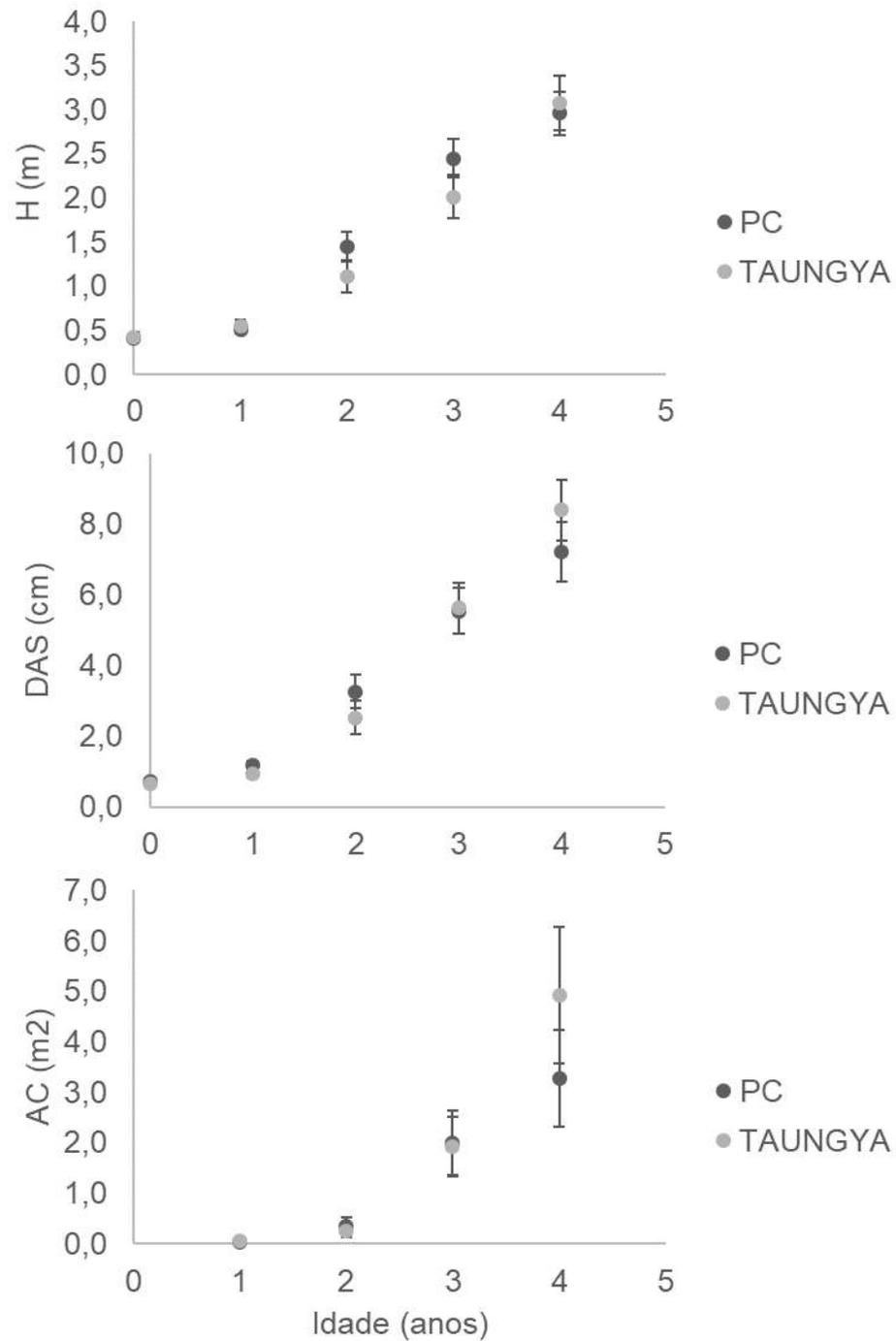


Figura 30. Valores médios anuais para altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS) e área da copa (AC) do Caju, comparados entre dois sistemas de manejo (Plantio Convencional – PC e Taungya), em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

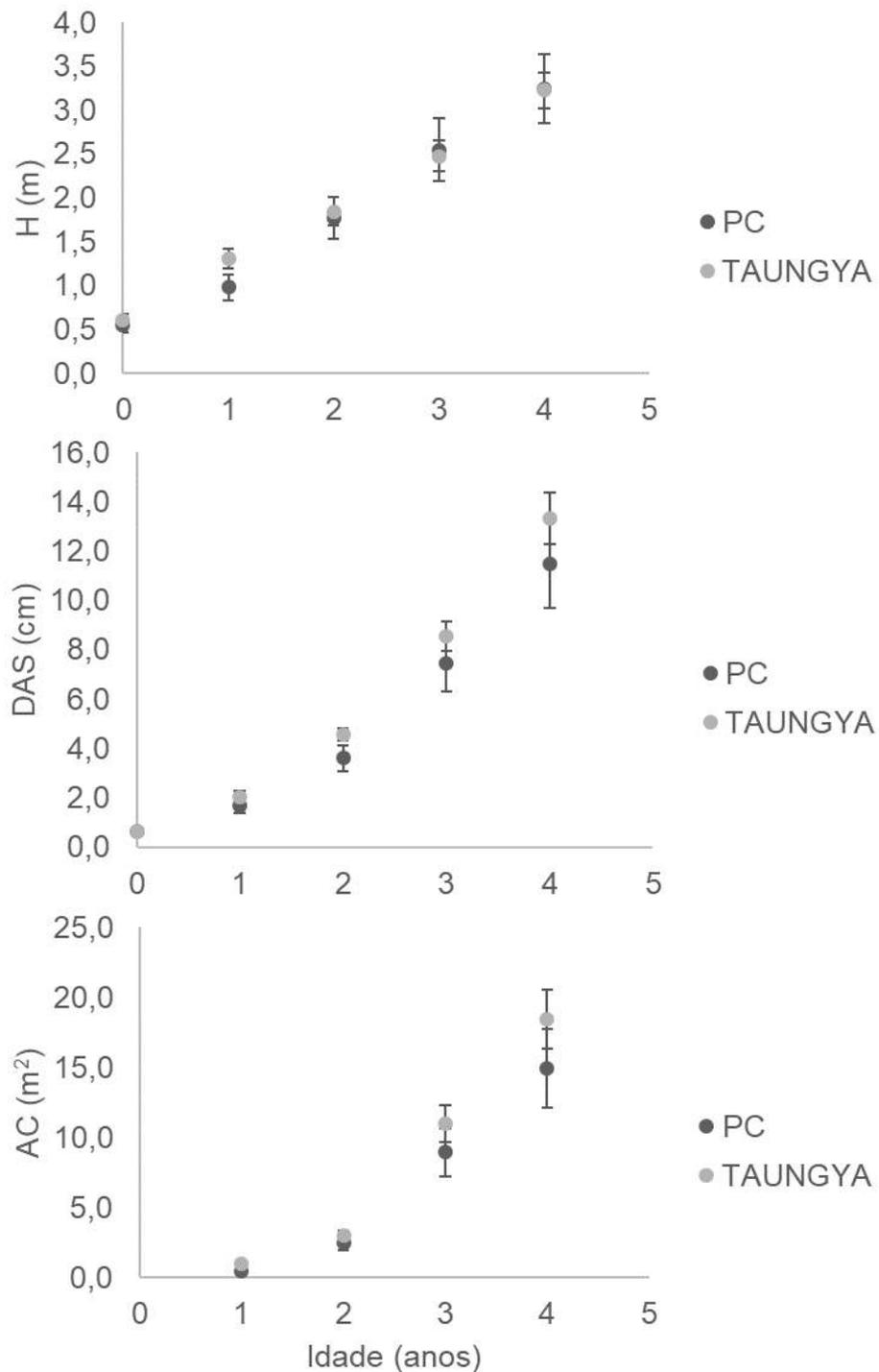


Figura 31. Valores médios anuais para altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS) e área da copa (AC) da Aroeira, comparados entre dois sistemas de manejo (Plantio Convencional – PC e Taungya), em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

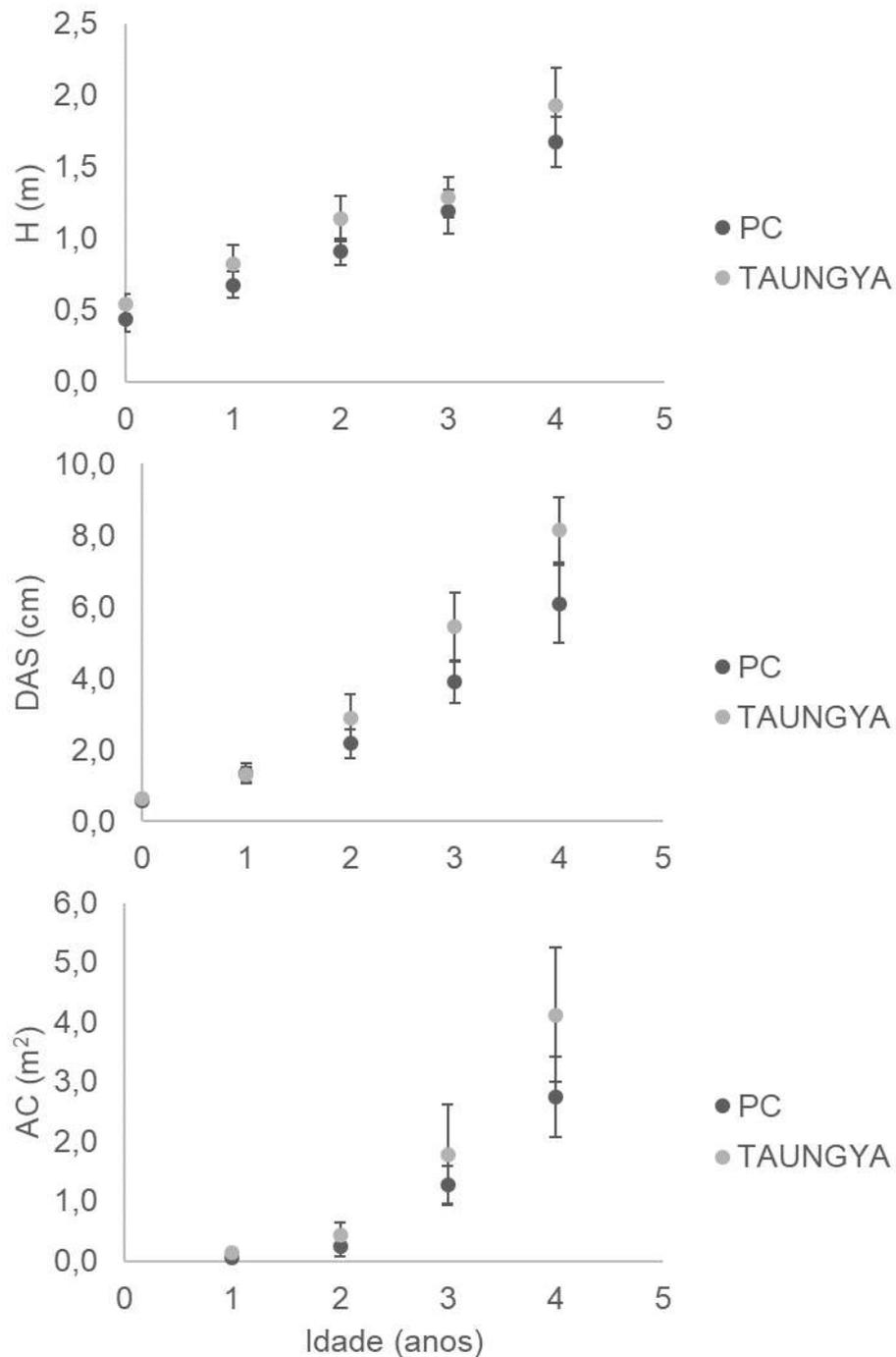


Figura 32. Valores médios anuais para altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS) e área da copa (AC) do Mololo, comparados entre dois sistemas de manejo (Plantio Convencional – PC e Taungya) em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

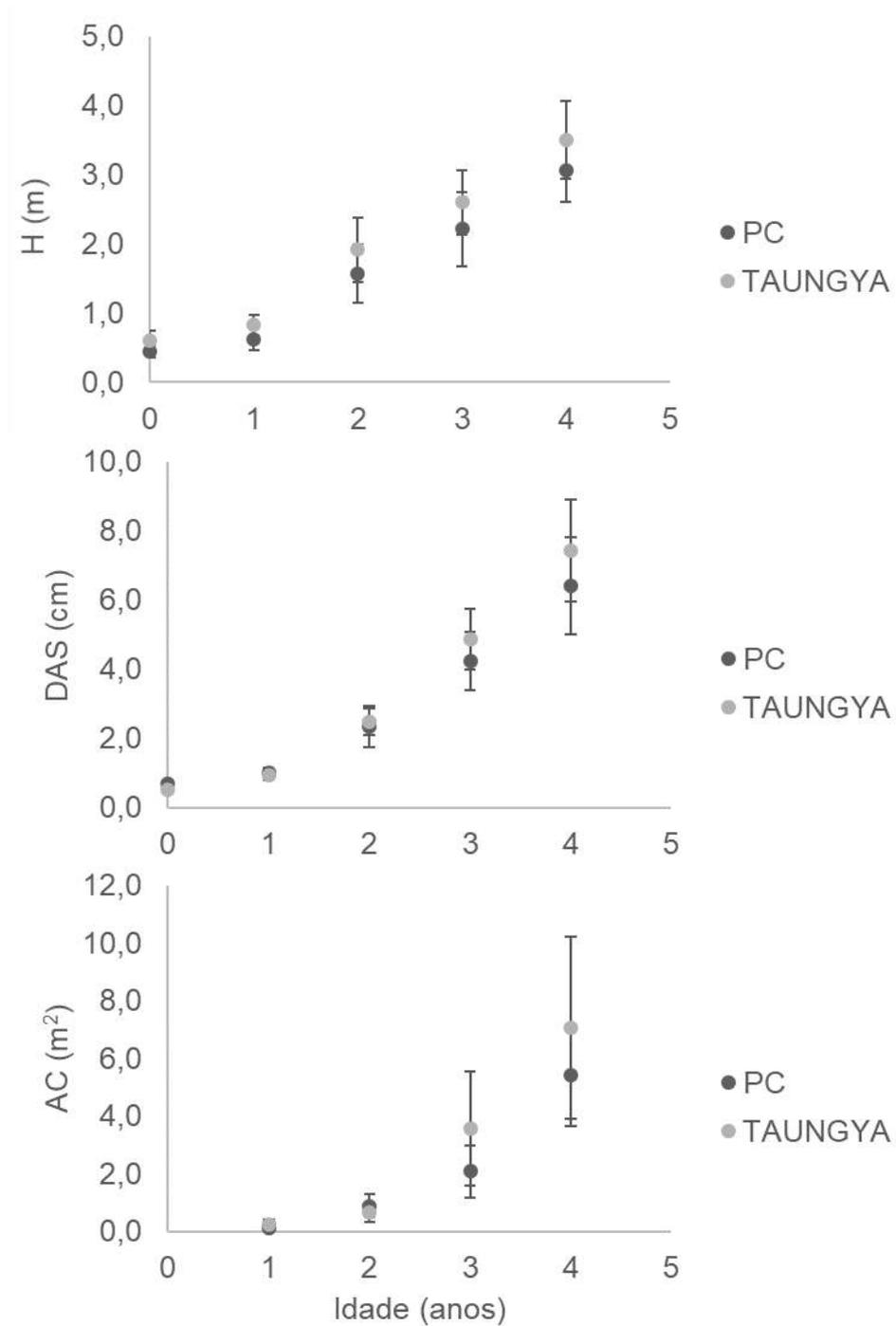


Figura 33. Valores médios anuais para altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS) e área da copa (AC) do Pau-ferro, comparados entre dois sistemas de manejo (Plantio Convencional – PC e Taungya), em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

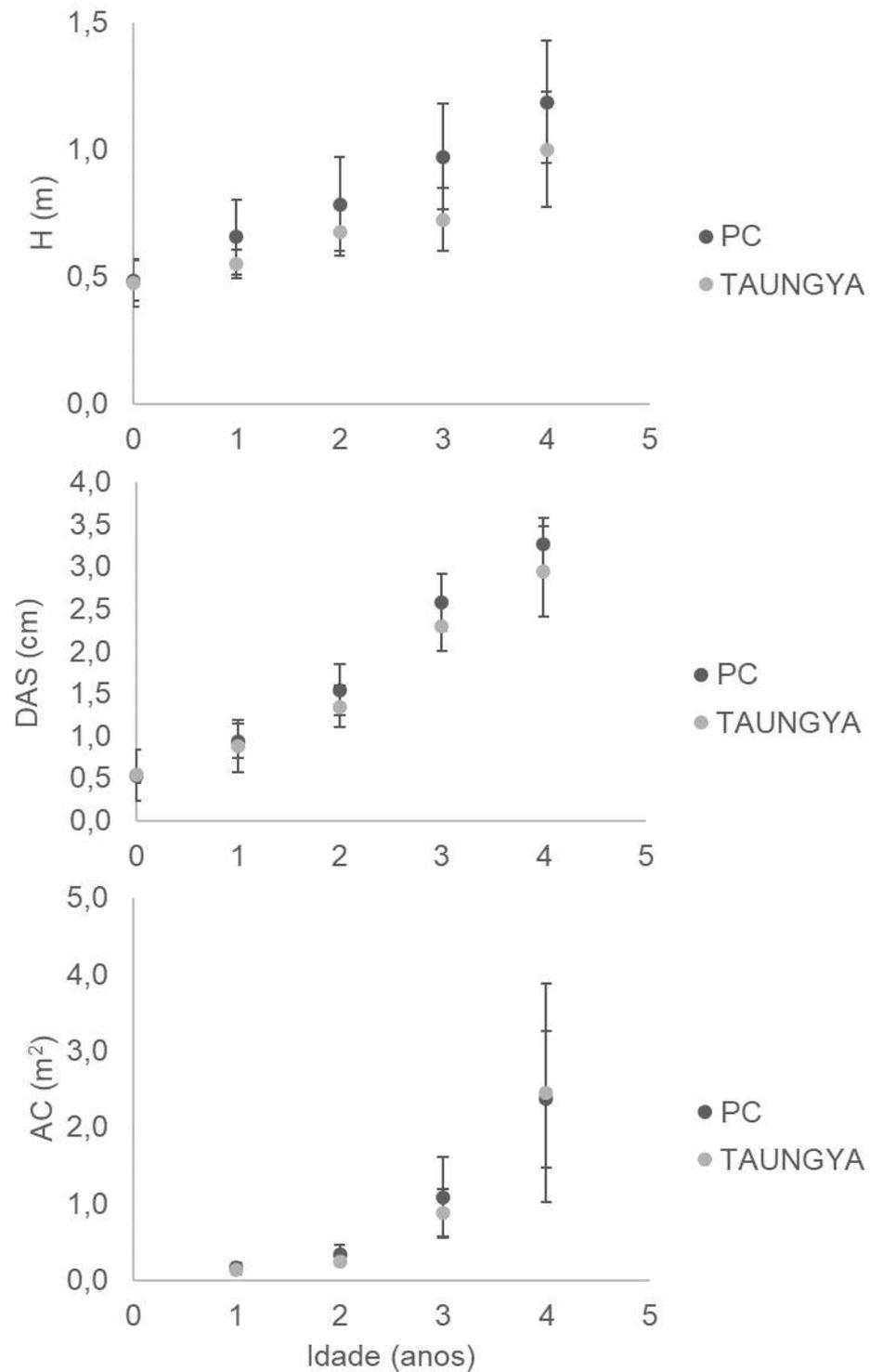


Figura 34. Valores médios anuais para altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS) e área da copa (AC) da Pitanga, comparados entre dois sistemas de manejo (Plantio Convencional – PC e Taungya), em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

Segundo Leles et al. (2017), a combinação adequada de espécies nos sistemas agroflorestais pode contribuir para o melhor crescimento do componente arbóreo, sombreando mais rápido a área e inibindo o crescimento das plantas daninhas. Entretanto, Daronco et al. (2012) avaliaram o efeito do consórcio das espécies nativas plantadas em espaçamento 3 m x 2 m com uma linha de mandioca, no município de Cândido Mota, SP e não observaram diferença no crescimento das espécies florestais nas unidades em consórcio com a mandioca em relação às não consorciadas, 15 meses após o plantio.

Oliveira et al. (2016) também avaliaram o efeito do consórcio de espécies nativas da mata atlântica com milho e feijão para recuperação de mata ciliar na região Noroeste Fluminense. Da mesma forma, concluíram que não houve influência dos sistemas de plantio no incremento relativo em altura e em diâmetro a altura do solo para a maioria das espécies arbóreas avaliadas, oito meses após o plantio. Por outro lado, as espécies pioneiras apresentaram maior área de copa e consequente cobertura de área, em relação às espécies tardias, nos dois sistemas.

Trabalhar com espécies de rápido crescimento, que sombreiem o solo em curto período, além de diminuir o tempo necessário de manutenção dos sistemas, tem relação direta com os custos finais dos projetos de recuperação de áreas degradadas (Leles et al., 2015). Segundo Souza et al. (2014), parâmetros dendrométricos, como crescimento das árvores em altura, diâmetro a altura do solo, área da copa, a sobrevivência e a evolução da área basal são indicadores que refletem o desempenho das espécies plantadas e sua adaptabilidade, bem como o sucesso da recuperação de uma área degradada. Sendo assim, relacionado os dados de sobrevivência (Tabela 2) e as demais observações realizadas no presente estudo, é possível afirmar que as espécies florestais mais adaptadas às características ambientais intrínsecas da área em recuperação, independente do sistema de plantio, foram o Monjolo, Aroeira e Ingá, cujos parâmetros avaliados (H, DAS e AC) estão de acordo com outros trabalhos (Venturoli, et al., 2013; Resende et al., 2015; Silva et al., 2016; Carnevali et al., 2016; Resende e Leles, 2017).

Tanto o Monjolo quanto a Aroeira, são espécies de estágio inicial e apresentam potencial para implantação como facilitadoras da sucessão e, em razão do seu bom crescimento, auxiliam na proteção do solo.

Concomitantemente, as espécies da família Fabaceae, poderão contribuir para aprimorar as condições edáficas, pela fixação biológica de nitrogênio atmosférico (Avila et al., 2011). Devido a características como agressividade competitiva, tolerância higromórfica, boa interação biótica, caráter pioneiro, *Schinus terebinthifolius* apresenta forte potencial de regeneração em ambientes muito antropizados (Kageyama e Gandara, 2000; Martins, 2007).

Corrêa e Melo Filho (2004), em estudos realizados em áreas perturbadas, concluíram que espécies do gênero *Inga* apresentam pouca exigência em relação a características químicas do solo, rápido crescimento e seus frutos exercem a função de atrativo para a fauna dispersora de sementes, importante para o processo de recuperação de áreas degradadas.

Outro aspecto importante, no que diz respeito à competição com gramíneas invasoras, trata-se do uso de espécies com copas densas e ramificadas próximas ao solo, reduzindo a entrada de luz e as condições para ocorrência das plantas daninhas (Campello et al., 2017). No presente estudo, a ramificação das copas, foi observada para a Aroeira, com área média da copa de 14,9 m² (PC) e 12,7 m² (Taungya) e o Ingá, com 21,3 m² (PC) e 19,6 m² (Taungya) (Figura 35).

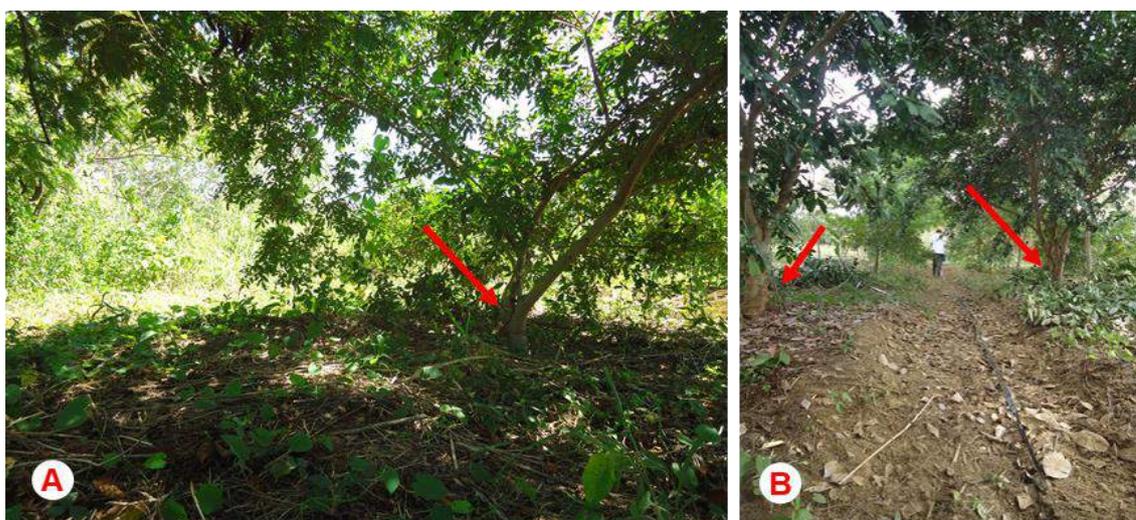


Figura 35. (A e B) As setas indicam a ramificação da copa próxima ao solo das espécies Aroeira e Ingá e o sombreamento proporcionado por essa ramificação, aos quatro anos após o plantio, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

Resultado semelhante foi encontrado por França (2013), para espécies implantadas em mata ciliar degradada, no entorno da Reserva Biológica do Tinguá, Nova Iguaçu, RJ. Neste trabalho, o autor avaliou o estabelecimento de espécies florestais nativas em diferentes espaçamentos. Com isso, observou a ramificação próxima ao solo apresentada pela Aroeira e o Ingá, e um elevado crescimento, ao longo dos anos, dos parâmetros altura, diâmetro e área da copa para as espécies Monjolo, Ingá e Aroeira

Apesar de não apresentar ramificações próximas ao solo, o Monjolo também se destacou quando comparado às outras espécies, principalmente no que diz respeito à sua altura média (5 m e 4,2 m, no PC e no Taungya, respectivamente) e área de copa (17,5 m² e 15,5 m², no PC e no Taungya, respectivamente). Classificada como espécie pioneira, o Monjolo, contribuiu de forma significativa para cobertura do solo, além de ter apresentado considerável produção de sementes, que poderá favorecer a regeneração e manutenção da espécie na área em recuperação. A produção de sementes e frutos também foi observada para a Aroeira, Gabiroba, Mololo, Caju e Goiaba (Figura 36 e 37).



Figura 36. (A, B) Sombreamento e produção de sementes, promovidos pelo Monjolo, aos quatro anos após o plantio, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

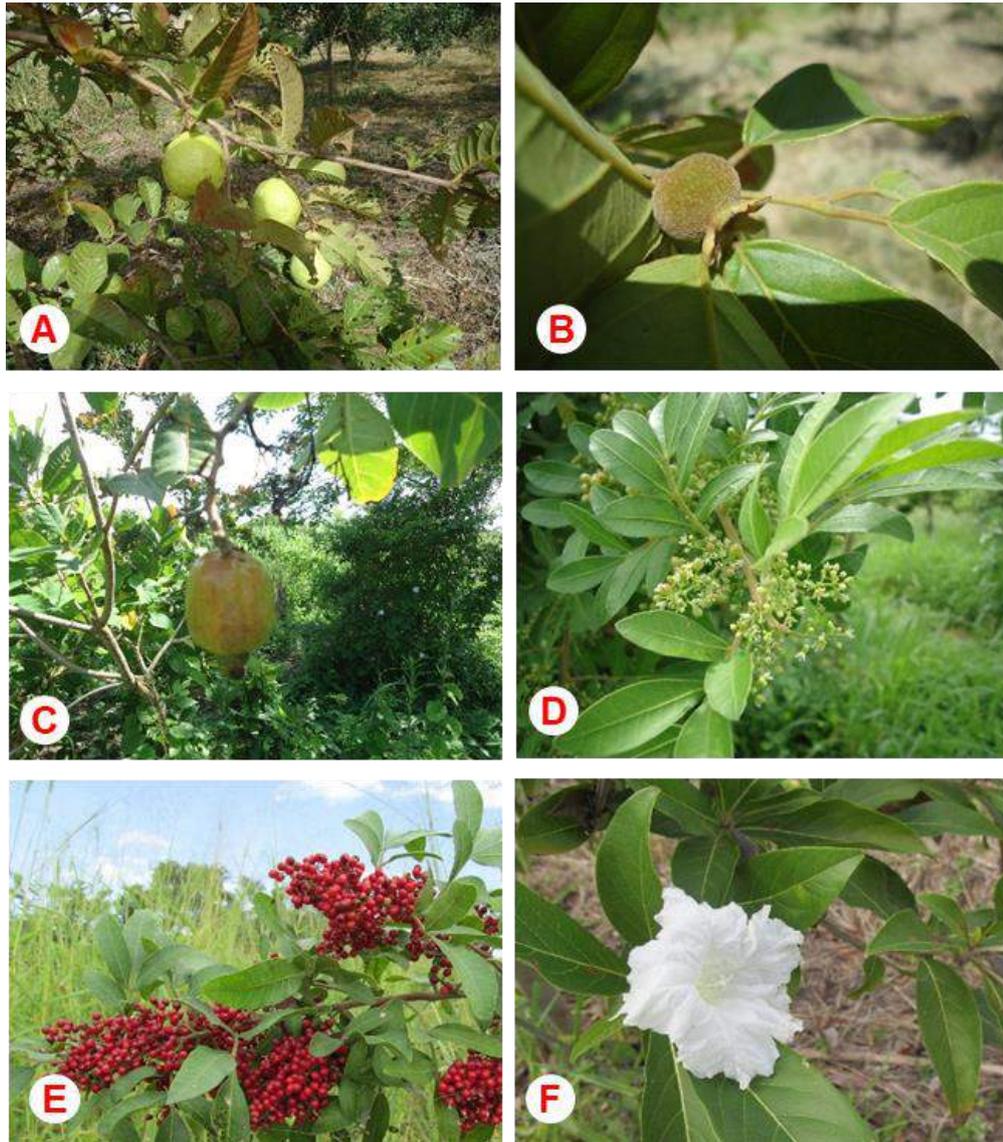


Figura 37. (D, E, F, G, H e I) Produção de frutos, sementes e flores da Goiaba, Gabiroba, Caju, Aroeira e Mololo, respectivamente, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

Ainda no que se refere à área da copa é importante destacar a relação direta desta característica com a cobertura do solo. Sendo assim, as espécies com maior área da copa (Ingá, Monjolo e Aroeira), proporcionaram, conseqüentemente, maior cobertura do solo (Figura 38).

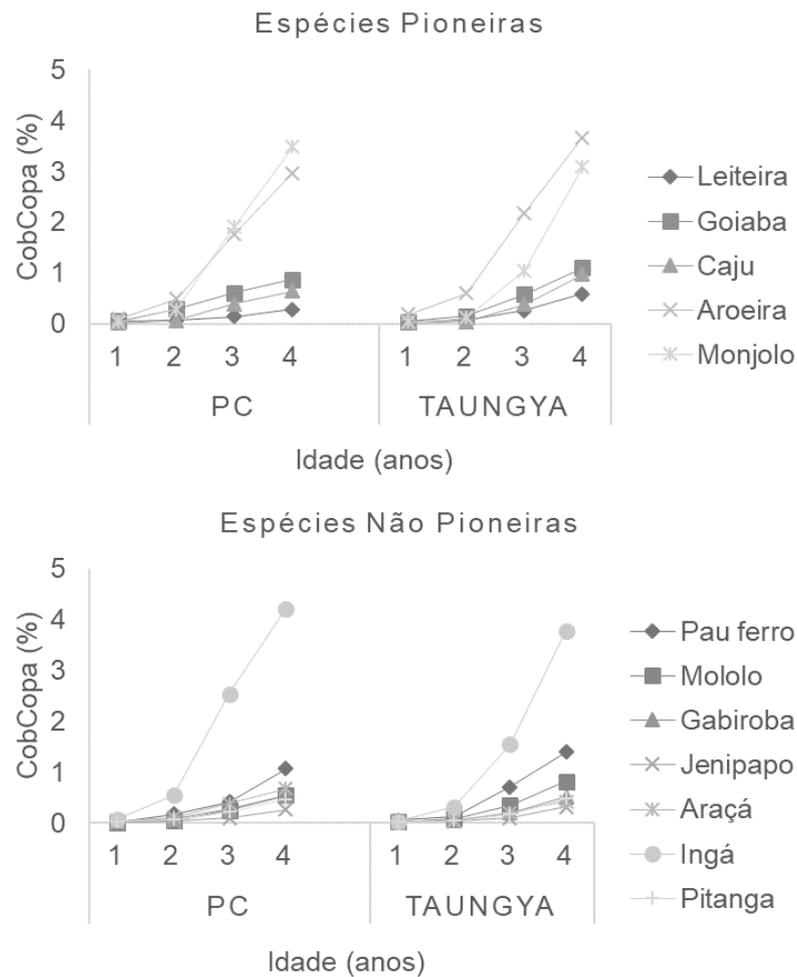


Figura 38. Cobertura das copas proporcionada pelas espécies florestais arbóreas em Plantio Convencional e em Sistema de Taungya, instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

Dentre as espécies não pioneiras, o Jenipapo, importante para recuperação de áreas degradadas, por seus frutos atrativos à fauna, apresentou considerável altura e diâmetro a altura do solo, aos quatro anos após o plantio, tanto no sistema Taungya (H = 3,5 m; DAS = 7,95) quanto no PC (H = 2,95 m; DAS = 5,57 cm). Por outro lado, no que se refere à área da copa e cobertura da copa, essa espécie não se destacou, uma vez que possui copa pequena e pouco densa nos primeiros anos do seu ciclo de vida, quando comparada às outras espécies.

Por se tratar de uma espécie mais exigente em sombreamento no início de seu desenvolvimento (Resende e Leles, 2017), o Jenipapo apresentou baixa sobrevivência, tanto no sistema Taungya (1 indivíduo), quanto no PC (2 indivíduos), ao final dos quatro anos. Sendo assim, o plantio simultâneo entre espécies pioneiras e não pioneiras, não favoreceu a criação de condições adequadas para a sobrevivência desta espécie, frente às condições climáticas encontradas na região de implantação do experimento.

Outros trabalhos que também apresentavam como o objetivo a recuperação de áreas degradadas (Souto, 2013; Oliveira et al., 2015; Carnevali, et al., 2016) encontraram taxas de sobrevivência para o Jenipapo superiores aos resultados obtidos no presente estudo. Segundo Morais et al. (2015) o desenvolvimento inicial dessa espécie, em uma zona ripária degradada, aos quatro meses após o plantio, foi superior a 90%. Esses autores também afirmaram que o Jenipapo se desenvolve melhor em áreas com pluviosidade entre 1.200 e 4.000 mm e com temperaturas médias anuais entre 18°C e 28°C (Morais et al., 2015). Sendo assim, a baixa sobrevivência apresentada por essa espécie no presente estudo, pode ser em função das condições inerentes à área, às margens do rio Paraíba do Sul, dentre as quais se destacam a elevada competição imposta pelo capim-colonião e a baixa pluviosidade abaixo da média histórica, principalmente no segundo e terceiro anos (Figura 2). Vale lembrar que a irrigação das espécies florestais foi realizada somente no primeiro ano após o plantio.

Considerando o somatório da área da copa, as espécies pioneiras que proporcionaram maior cobertura do solo por hectare, nos dois sistemas de plantio (PC e Taungya) foram a Aroeira e o Monjolo. Dentre as espécies não pioneiras, o Ingá proporcionou considerável cobertura do solo, nos dois sistemas,

principalmente por apresentar grande área de copa, densa e ramificada próxima ao solo (Figura 39).



Figura 39. Redução do capim-colonião em função do sombreamento proporcionado pelo Ingá, Aroeira, Monjolo e outras espécies arbóreas, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ.

Entre todas as espécies utilizadas neste estudo, a Pitanga apresentou o menor incremento, em relação a todos os parâmetros avaliados, tanto no sistema Taungya ($H = 1$ m; $DAS = 2,94$; $AC = 82,1 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$; $CobCopa = 0,8\%/ha$) quanto no PC ($H = 1,18$; $DAS = 3,27$ cm; $AC = 48,6 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$; $CobCopa = 0,5\%/ha$) aos quatro anos após o plantio. Segundo Costa et al. (2014) trata-se de uma espécie que se caracteriza por apresentar menores incrementos, quando comparado a outras

espécies do mesmo grupo ecológico. Resultados semelhantes foram encontrados em diferentes estudos (Costa et al., 2014; Sampaio et al., 2012). No entanto, trata-se de uma espécie importante, no que se refere à recuperação de ecossistemas degradados, uma vez que apresentam intensa frutificação, e por isso atrai a fauna dispersora, o que aumenta a chegada de propágulos de diferentes espécies e contribui para o aumento da diversidade na área em recuperação (Avila et al., 2011).

A recuperação de áreas degradadas envolve diferentes decisões, dentre as quais a escolha das espécies, do modelo e manejo mais adequados, e da composição dos grupos ecológicos a serem utilizados (Soares, 2012; Oliveira, et al., 2014; Botelho et al., 2015; Campello et al., 2017; Resende e Leles, 2017). Comparando o desempenho do componente florestal nos dois sistemas de manejos (Plantio Convencional – PC e Sistema Taungya), ao longo dos quatro anos após o plantio, não observamos diferença entre esses sistemas para os parâmetros avaliados (H, DAS e AC). No quarto ano, as espécies arbóreas, apresentaram maior área da copa dentro do sistema Taungya, independente do seu grupo ecológico (Figura 40 e 41).

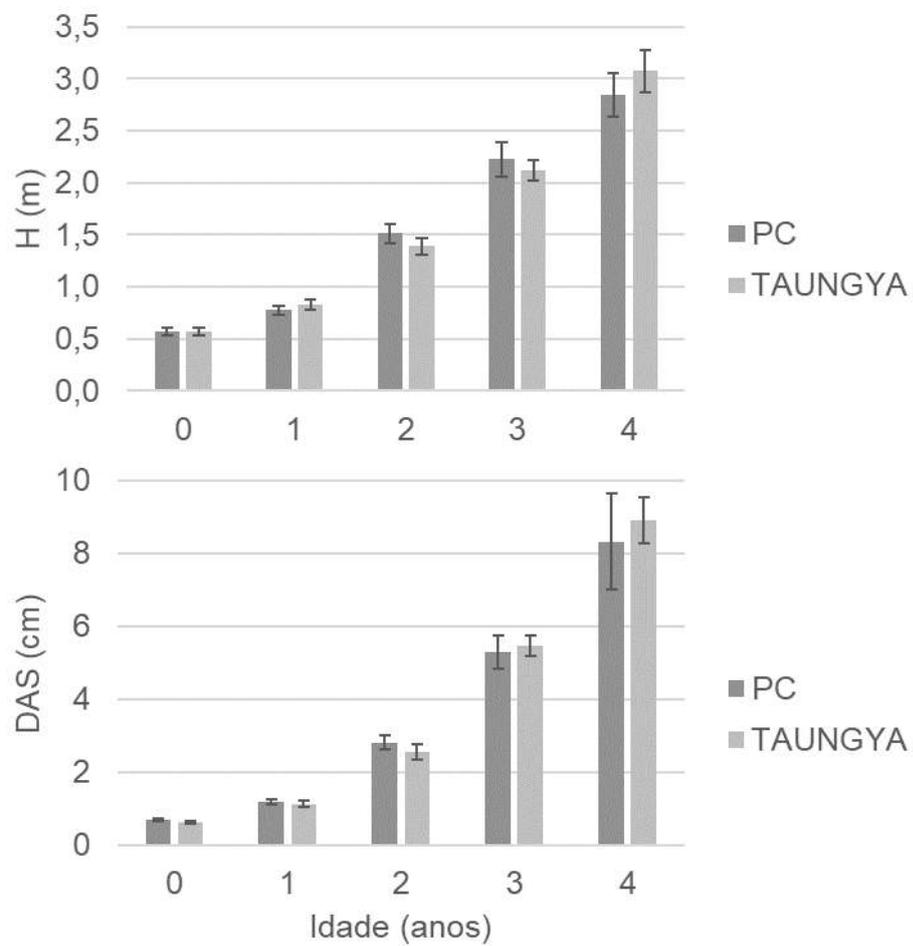


Figura 40. Médias da altura (H) e diâmetro a altura do solo (DAS) das espécies florestais arbóreas, aos quatro anos após o plantio de espécies florestais, comparadas entre sistema de Plantio Convencional (PC) e Taungya, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ. Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

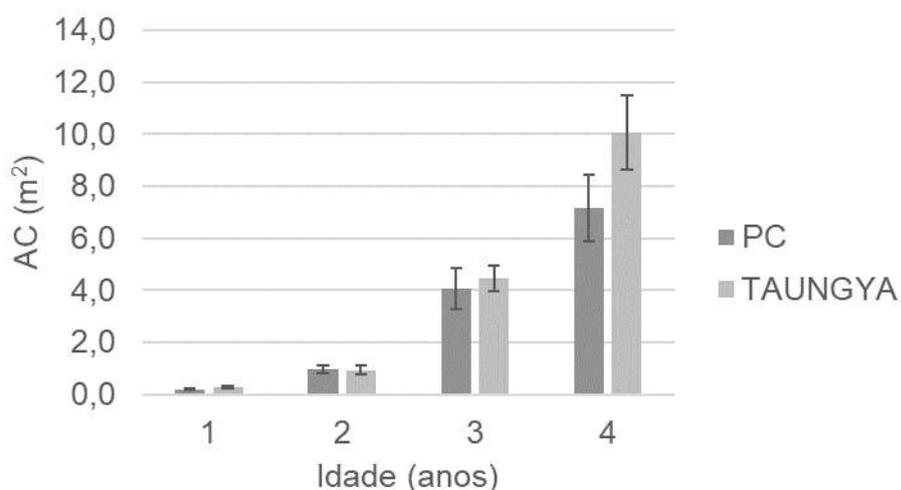


Figura 41. Área da Copa (AC) das espécies florestais arbóreas, aos quatro anos após o plantio de espécies florestais, comparadas entre sistema de Plantio Convencional (PC) e Taungya, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

Quando se compara os parâmetros dendrométricos (H, DAS, AC, e CobCopa), ao longo dos quatro anos, considerando o grupo ecológico (pioneiras e não pioneiras) das espécies arbóreas, foi possível observar no terceiro e quarto anos após o plantio, que a altura (H), área da copa (AC) e a cobertura das copas (CobCopa) das espécies pioneiras foi maior do que das espécies não pioneiras, independente do sistema de plantio (PC e Taungya). O DAS não apresentou diferença pelo intervalo de confiança (95%) (Figuras 42 e 43).

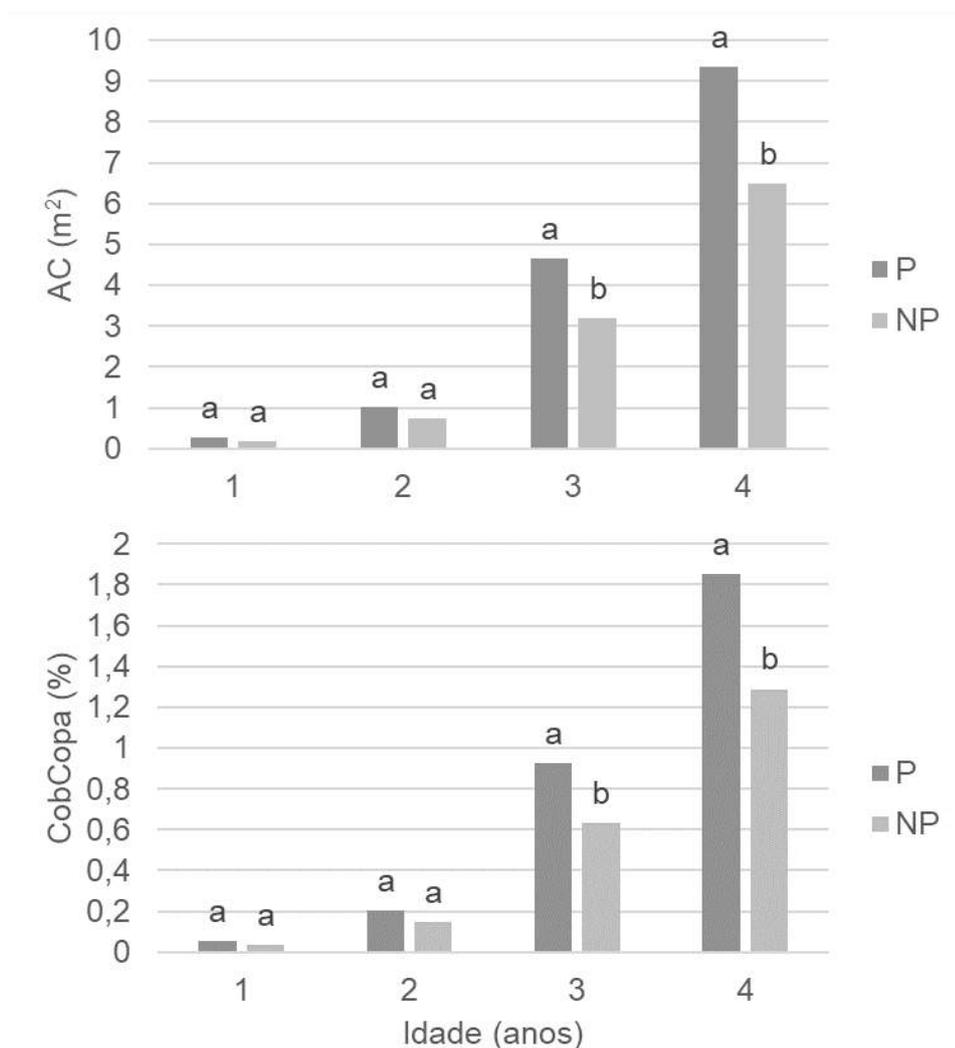


Figura 42. Médias da área da copa (AC) e cobertura de copa (CobCopa) para os grupos ecológicos das espécies pioneiras (P) e não pioneiras (NP), ao longo de quatro anos após o plantio das espécies florestais arbóreas, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ. Barras com a mesma letra, dentro do mesmo ano, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

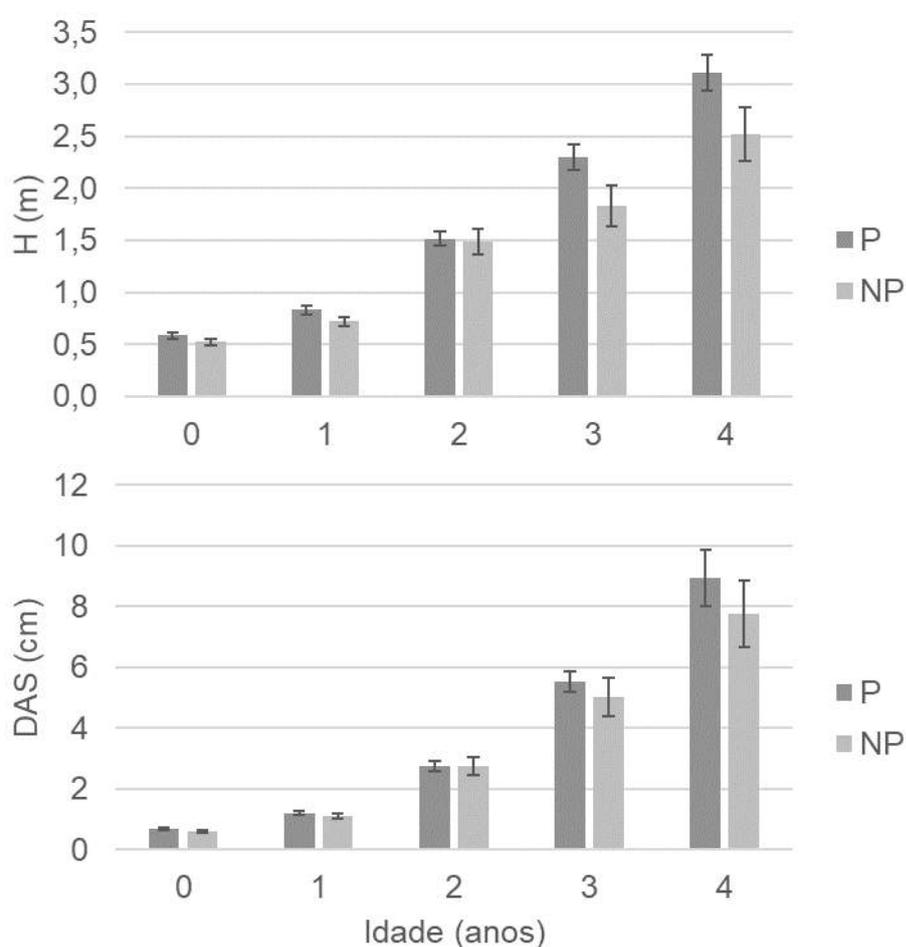


Figura 43. Médias da altura (H) e diâmetro a altura do solo (DAS) para os grupos ecológicos das espécies pioneiras (P) e não pioneiras (NP), ao longo de quatro anos após o plantio das espécies florestais arbóreas, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ. Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

Quando comparados os grupos ecológicos, dentro do mesmo sistema de plantio, ao longo dos quatro anos, observa-se que no sistema Taungya, as espécies pioneiras apresentaram maior altura (H) e área da copa (AC). Para os outros parâmetros esse comportamento não foi observado (Figura 44, 45 e 46).

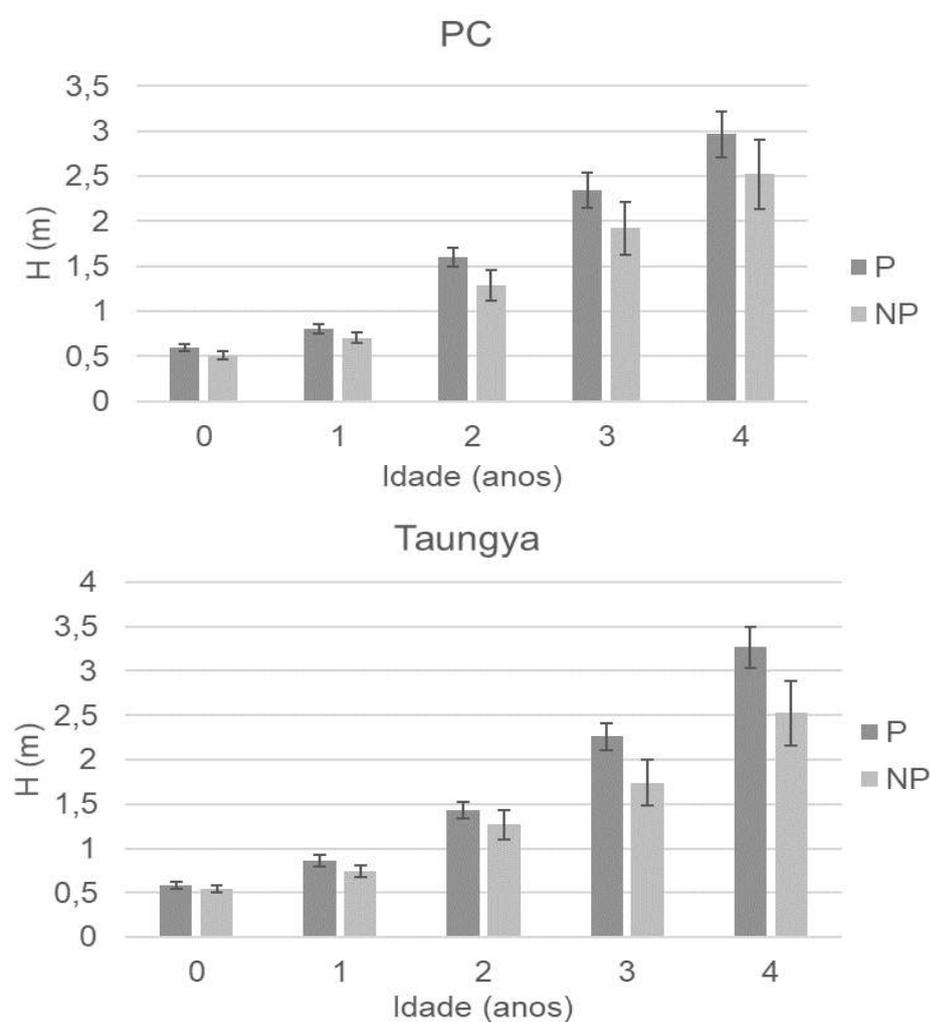


Figura 44. Média da altura (H) considerando o grupo ecológico das espécies florestais arbóreas (Pioneira – P e Não Pioneira – NP), no Plantio Convencional (PC) e no Taungya, ao longo de quatro anos, após o plantio, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ.

Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

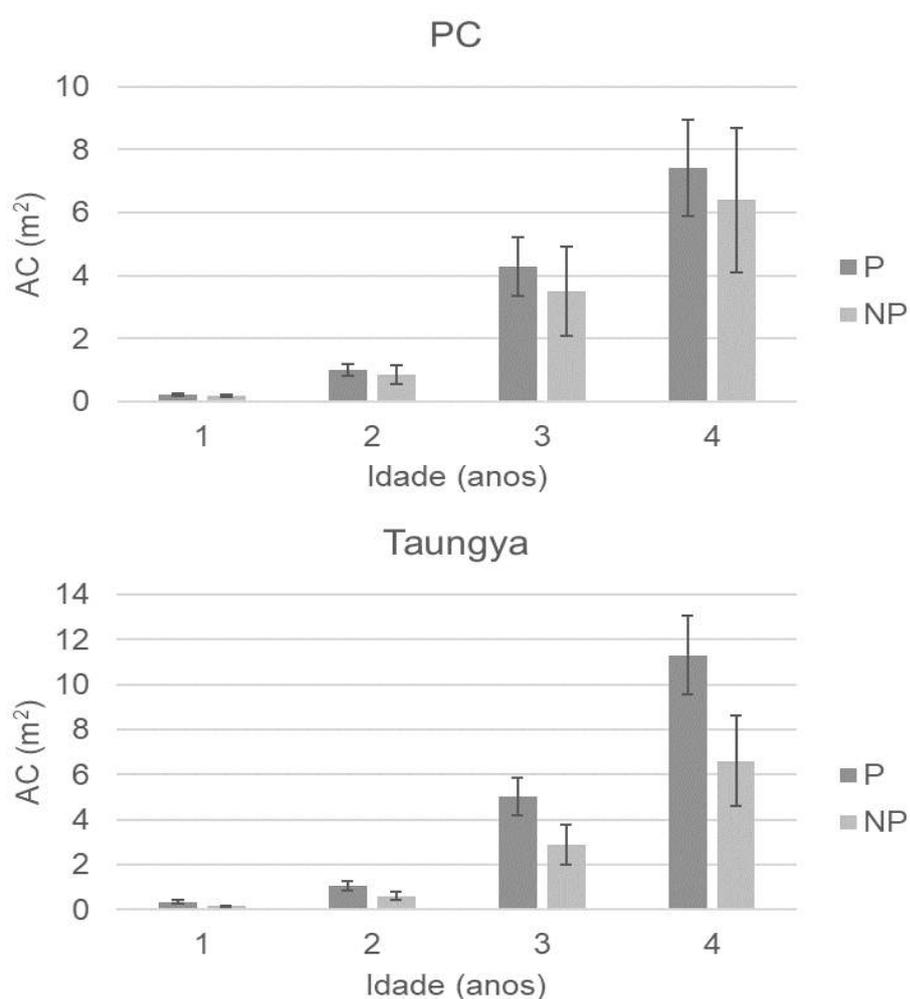


Figura 45. Média do diâmetro a altura do solo (DAS) considerando o grupo ecológico das espécies florestais arbóreas (Pioneira – P e Não Pioneira – NP), no Plantio Convencional (PC) e no Taungya, ao longo de quatro anos, após o plantio, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ. Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

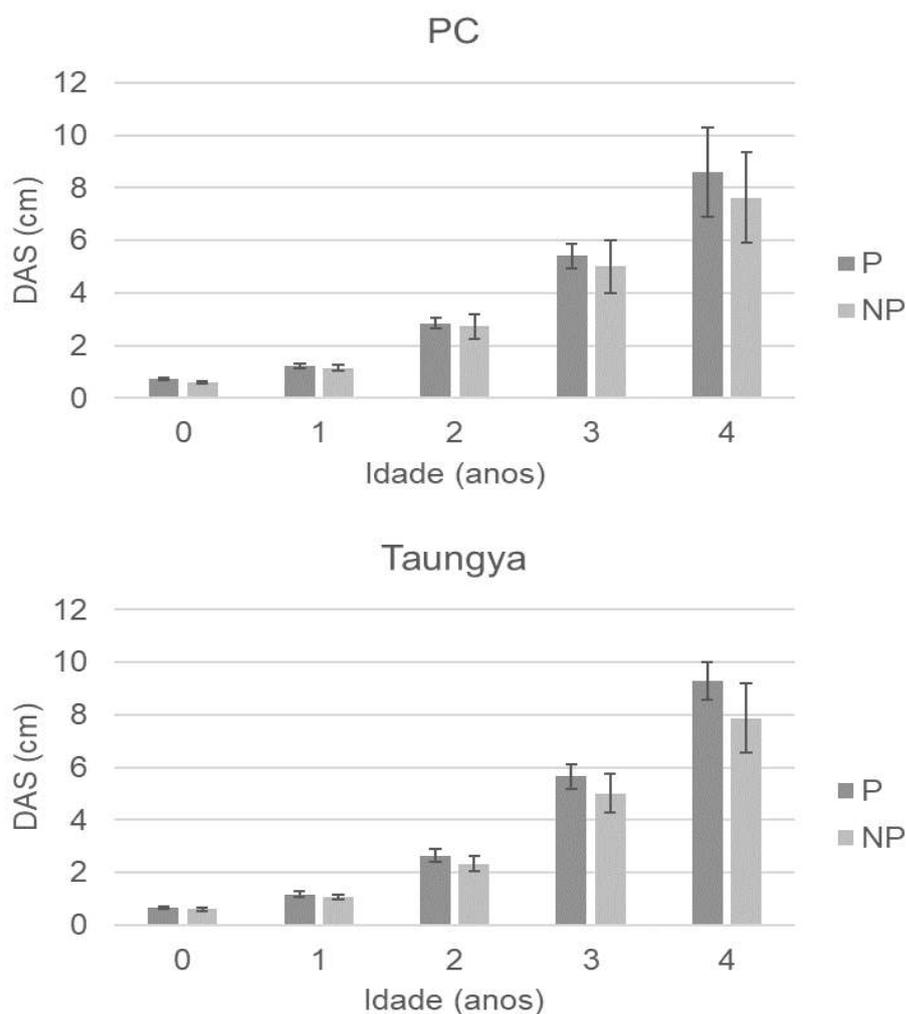


Figura 46. Média do diâmetro a altura do solo (DAS) considerando o grupo ecológico das espécies florestais arbóreas (Pioneira – P e Não Pioneira – NP), no Plantio Convencional (PC) e no Taungya, ao longo de quatro anos, após o plantio, em experimento instalado às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara-RJ. Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%).

Segundo Swaine e Whitmore (1988), as espécies pioneiras, demandantes de luz, apresentam crescimento rápido, principalmente em altura e área de copa, além de produzirem grande número de sementes e serem capazes de colonizar e ocupar áreas abertas. Por outro lado, as espécies não pioneiras, quando comparadas às pioneiras, apresentam pouca abundância de sementes, crescimento lento e são resistentes à sombra. Todas essas características foram evidenciadas no presente estudo.

Sampaio et al. (2012) encontraram resultados semelhantes para a altura média das espécies pioneiras, quando comparadas às não pioneiras, aos dois anos e seis meses, em uma área ciliar revegetada. As espécies pioneiras apresentaram média de altura (3,6 m), significativamente maior que a média de altura (2,9 m) das espécies não pioneiras. A partir dos resultados apresentados, os autores afirmam que as espécies pioneiras são consideradas mais adequadas para implantação na fase inicial do reflorestamento, por terem rápido crescimento, entretanto devem ter seu manejo associado a espécies não pioneiras, para garantir não só a perpetuação da área reflorestada, mas também a diversidade de espécies.

O uso de espécies dos diferentes grupos ecológicos apresenta como base a sucessão ecológica que ocorre naturalmente em ecossistemas florestais. Sendo assim, a distribuição das plantas em uma área a ser revegetada é fundamental para otimizar o crescimento das plantas a partir dos seus diferentes grupos ecológicos (Soares et al., 2016).

Segundo Soares (2012), o padrão de crescimento distinto entre os grupos ecológicos das espécies pioneiras e não pioneiras pode ser utilizado como um indicador da recuperação, pois infere sobre o nível de sucessão no qual se encontra a floresta. Em estudo sobre o assunto, Ferreira et al. (2007), avaliando o estabelecimento de plantios de recuperação de matas ciliares às margens do Rio Grande, em Minas Gerais, verificaram que, em relação à dinâmica de crescimento das espécies plantadas, tanto em altura quanto em diâmetro, as espécies pioneiras apresentaram um ritmo de crescimento maior nos primeiros 58 meses e as tardias, no período entre 58 e 155 meses. Sendo assim, os autores consideraram que os resultados obtidos foram bons indicadores de sustentabilidade, pois podem confirmar se o processo de sucessão secundária

está ocorrendo normalmente, o que é fundamental para o estabelecimento da floresta.

No presente estudo, a composição ecológica utilizada contou com, aproximadamente, 70% de espécies pioneiras e 30% não pioneiras (Figura 8). Diante dessa composição, bem como a partir dos modelos de plantio comparados (PC e Taungya), observamos comportamento esperado entre os grupos no sistema Taungya, aos quatro anos após a implantação do experimento. Soares et al. (2016), também investigaram, dentre outros indicadores, se a composição ecológica exerce influência sobre o processo de restauração de florestas ripícolas na margem do reservatório artificial até a idade de 145 meses. Os autores constataram que a composição dos grupos ecológicos foi o fator que mais influenciou no período avaliado, com melhor desempenho para o modelo que combinou espécies pioneiras (50%) e não pioneiras (50%).

Segundo Viani et al. (2015), as espécies pioneiras facilitam a regeneração natural promovendo uma alta densidade e riqueza de espécies lenhosas sob suas copas e por isso, devem ser consideradas como espécies "estruturais" para a restauração dos ecossistemas tropicais. Ao mesmo tempo, segundo Soares et al. (2016), as espécies não pioneiras, também são importantes pois a sua presença garante a diversidade, importante para a fauna, dispersão e manutenção das espécies nos diferentes ecossistemas em recuperação (Silva et al., 2015).

É importante destacar que o conhecimento da dinâmica sucessional dos ecossistemas ciliares, bem como do grupo ecológico das espécies florestais arbóreas, é fundamental na solução de problemas, como a manutenção da riqueza de espécies e o desenvolvimento de sistemas silviculturais, visando à recuperação desses ambientes e seu manejo sustentável (Maciel et al., 2003)

A área basal encontrada no sistema Taungya, foi aproximadamente 5,9 m^2ha^{-1} e 8,9 m^2ha^{-1} no PC. Considerando o grupo ecológico, a área basal no PC foi de 7,39 m^2ha^{-1} para as Pioneiras e de 1,58 m^2ha^{-1} para as Não Pioneiras. Por outro lado, no sistema Taungya foi de 4,5 m^2ha^{-1} e 1,24 m^2ha^{-1} , para Pioneiras e Não Pioneiras, respectivamente. Dentre as espécies arbóreas destacaram-se com maior área basal nos dois sistemas de plantio o Monjolo, Aroeira, Ingá e Caju. O que seria mais um indicativo de adaptação ambiental dessas espécies na recuperação da faixa ciliar do rio Paraíba do Sul na região Noroeste Fluminense. No entanto, os valores obtidos neste estudo estão muito abaixo das médias

encontradas em ecossistemas ciliares preservados ou com diferentes níveis de perturbações antrópicas (Saraiva, 2013; Gomes et al., 2014; Calgaro et al., 2015; Silva et al., 2015; Soares et al., 2016). Em estudo sobre o assunto, Suganuma e Durigan (2014), com o objetivo de estudar a trajetória da restauração, avaliaram matas ciliares em processo de recuperação na Mata Atlântica com idade variando de 4 a 53 anos após a implantação. Neste estudo, os autores concluíram que entre os atributos que seguem uma trajetória previsível ao longo do tempo estão: a área basal, a cobertura do dossel, a densidade e a riqueza de espécies de árvores, bem como proporções de espécies tolerantes à sombra e de crescimento lento ou indivíduos. A maior área basal foi registrada na comunidade de 38 anos ($60,7 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$), seguida pela área de 17 anos ($52,1 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$). Neste mesmo estudo, os autores encontraram área basal que coincide com os valores obtidos para a área às margens do rio Paraíba do Sul, variando de $4,2 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ a $18,2 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$, para as áreas ciliares com quatro e seis anos, respectivamente. Colmanetti e Barbosa (2013), em um reflorestamento com nove anos após o plantio, também encontraram valores de área basal semelhantes aos valores obtidos no presente estudo, variando de $9,47 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$, aos dois anos e meio, até $18,29 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$, aos nove anos. Ambos os estudos (Colmanetti e Barbosa, 2013; Suganuma e Durigan; 2014) observaram rápida evolução da área basal ao longo dos anos. Estes autores também afirmam que a evolução da área basal, bem como de outros fatores, indica o êxito da recuperação e a sustentabilidade do ecossistema.

6.2. Análise química do solo

Os principais resultados da análise química do solo, considerando a profundidade de 0-10 cm, podem ser observados na tabela 4. Aos oito meses após a implantação do experimento (coleta 2), foi possível observar maior teor de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio, Matéria Orgânica (MO) e maior valor de pH, Soma de Bases (SB), CTC total (T), CTF efetiva (t) e Saturação por Bases (V%) para o sistema Taungya, quando comparado aos sistemas de Isolamento e Nucleação. Aos quatro anos após a implantação dos tratamentos (coleta 3), foi possível observar maior teor de Magnésio, Cálcio, Fósforo, e maior valor para Soma de Bases, CTC total e CTC efetiva no sistema Taungya, quando comparado aos demais sistemas (Figuras 47, 48, 49 e 50).

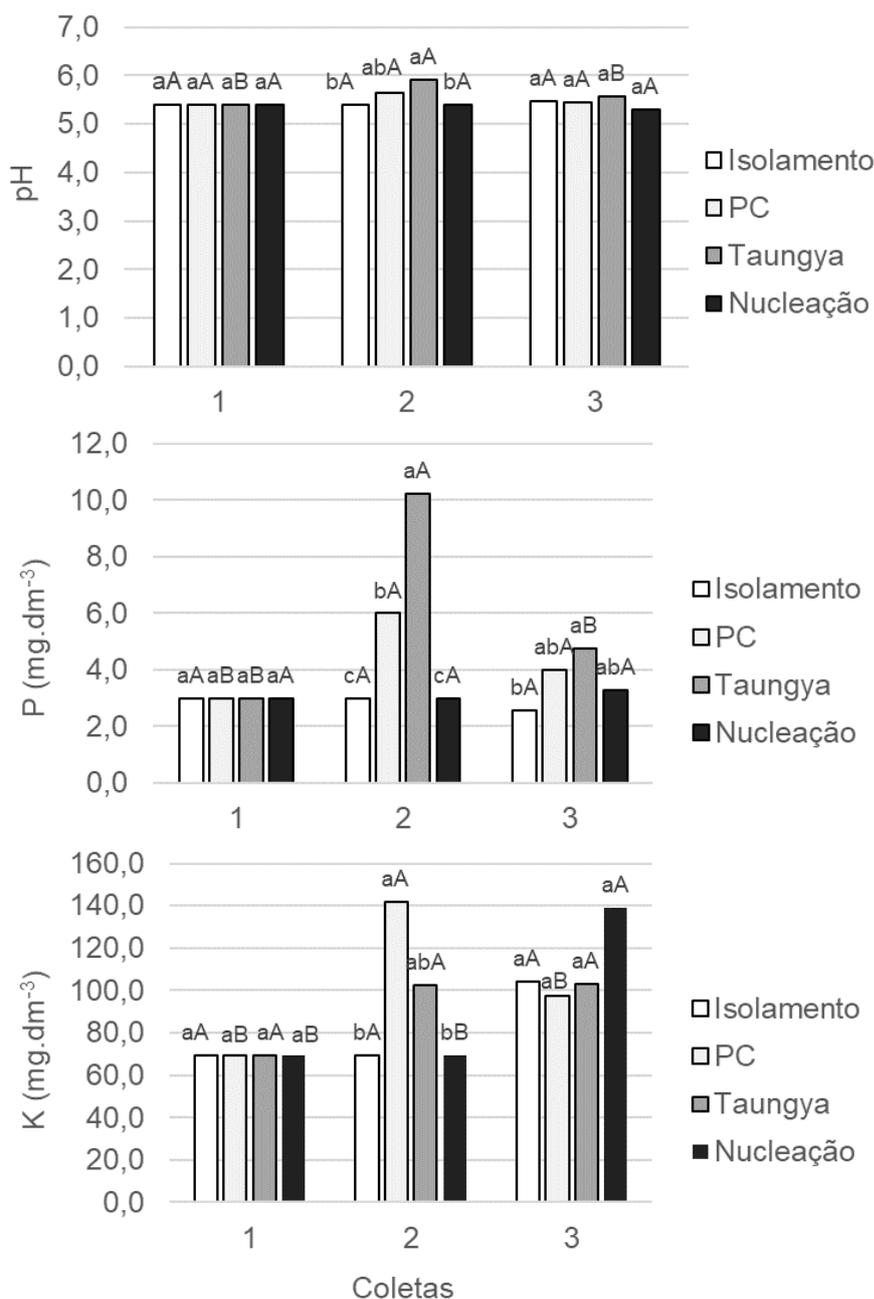


Figura 47. Valores médios para pH, Fósforo (P) e Potássio (K), obtidos a partir de análise do solo, na profundidade de 0 a 10 cm, comparados entre quatro sistemas de manejo (Isolamento, Plantio Convencional – PC, Taungya e Nucleação) e três épocas de coleta, em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

Coleta 1 = antecedendo a implantação do experimento (abril/2013); Coleta 2 = oito meses após a implantação (dezembro/2013); Coleta 3 = quatro anos após a implantação (abril/2017).

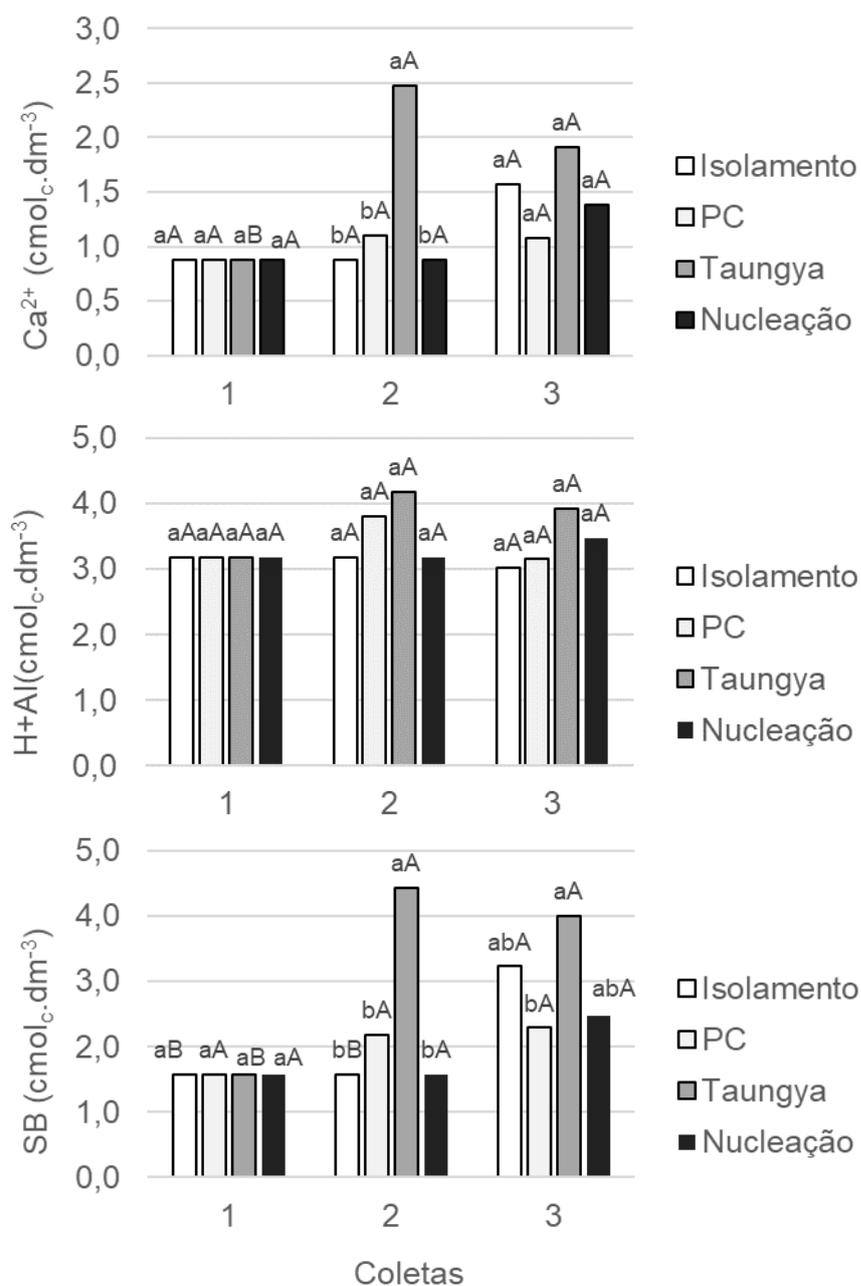


Figura 48. Valores médios para Cálcio (Ca) H+Al e Soma de Bases (SB) obtidos a partir de análise do solo, na profundidade de 0 a 10 cm, comparados entre quatro sistemas de manejo (Isolamento, Plantio Convencional – PC, Taungya e Nucleação) e três épocas de coleta, em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

Coleta 1 = antecedendo a implantação do experimento (abril/2013); Coleta 2 = oito meses após a implantação (dezembro/2013); Coleta 3 = quatro anos após a implantação (abril/2017).

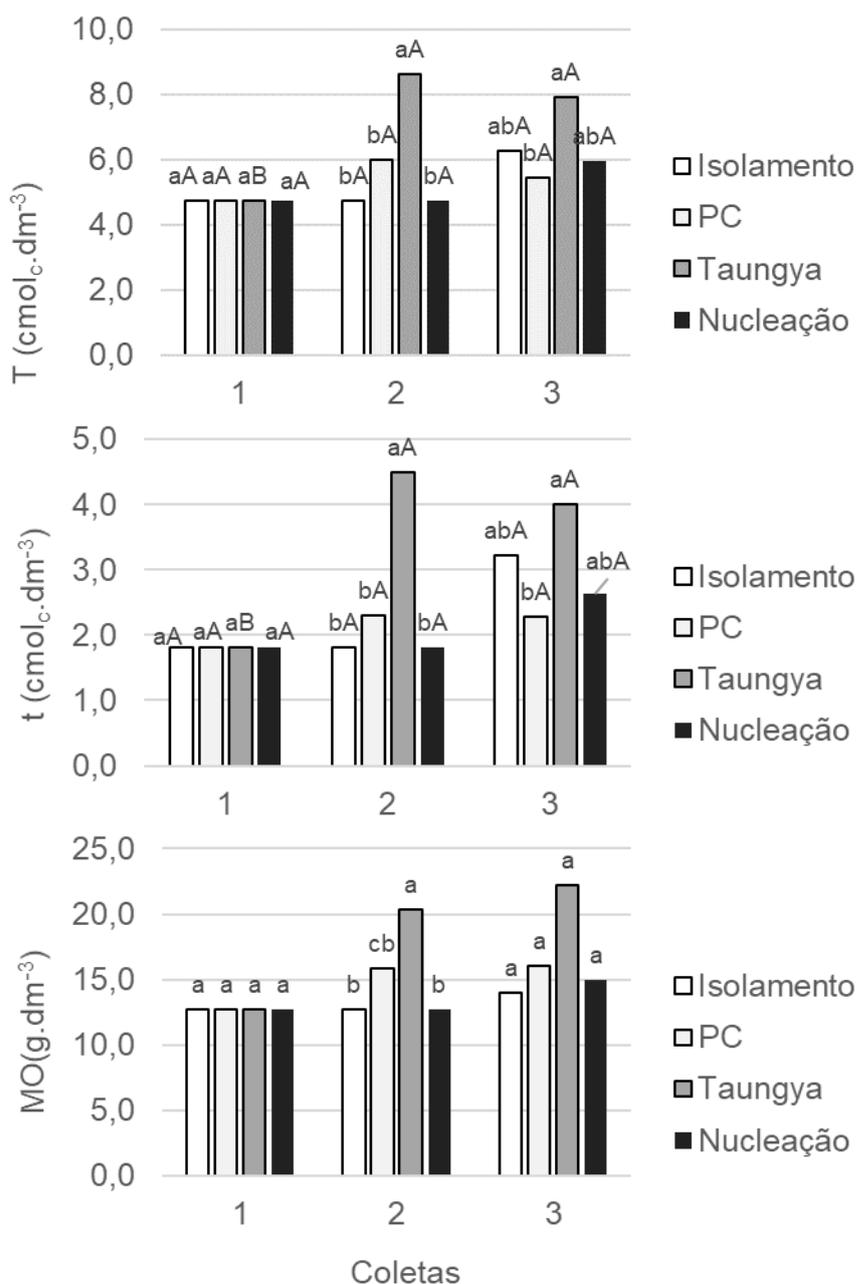


Figura 49. Valores médios para CTC Total (T), CTC efetiva (t) e Matéria Orgânica (MO) obtidos a partir de análise do solo, na profundidade de 0 a 10 cm, comparados entre quatro sistemas de manejo (Isolamento, Plantio Convencional – PC, Taungya e Nucleação) e três épocas de coleta, em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ. Coleta 1 = antecedendo a implantação do experimento (abril/2013); Coleta 2 = oito meses após a implantação (dezembro/2013); Coleta 3 = quatro anos após a implantação (abril/2017).

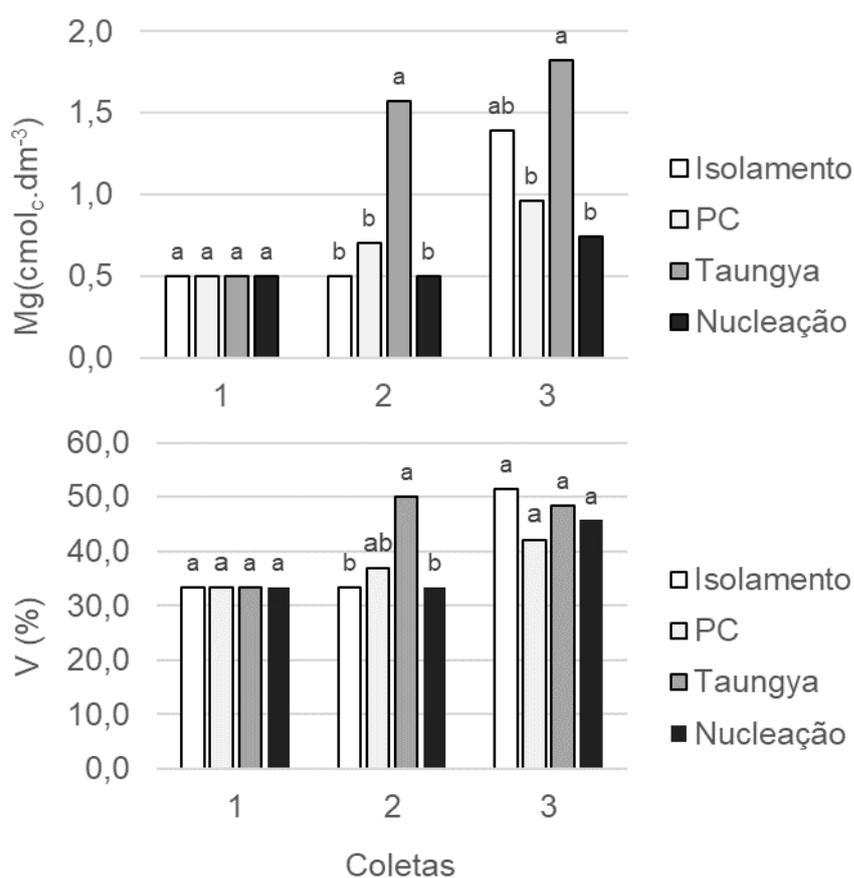


Figura 50. Valores médios para Magnésio (Mg) obtidos a partir de análise do solo, na profundidade de 0 a 10 cm, comparados entre quatro sistemas de manejo (Isolamento, Plantio Convencional – PC, Taungya e Nucleação) e três épocas de coleta, em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

Coleta 1 = antecedendo a implantação do experimento (abril/2013); Coleta 2 = oito meses após a implantação (dezembro/2013); Coleta 3 = quatro anos após a implantação (abril/2017).

Quando comparamos os resultados obtidos para os atributos do solo (P, K, Ca, SB, T e t) entre as épocas de coleta, para o sistema consorciado, observamos que estes foram mais evidentes em época chuvosa (Figura 46).

A maioria dos macronutrientes da análise do solo (Apêndice 13A), aos quatro anos após a implantação dos sistemas, apresentou níveis no solo considerados médios, segundo Ribeiro, et al. (1999). Com exceção do fósforo (P) com nível muito baixo. Segundo Silva (2016), os nutrientes do solo são considerados indicadores da necessidade nutricional das plantas, sendo assim, o aumento do seu teor ao longo dos anos, contribui para a recuperação da fertilidade do solo e conseqüentemente para a recuperação de um ecossistema degradado. Esse aumento foi mais evidente entre a implantação do experimento (coleta 1) e oito primeiros meses após a implantação do mesmo (coleta 2) (Figura 46 e 47). Este resultado entre as épocas de coleta, pode ter sido observado em função da adubação de plantio realizada na implantação dos sistemas de plantio convencional e do sistema taungya. Após essa primeira adubação, não foram realizadas intervenções, como a adubação de cobertura, o que também explica a redução no teor de alguns nutrientes, observada até o quarto ano, principalmente para o fósforo e Cálcio (Figura 46). O fósforo está envolvido diretamente em vários processos das espécies arbóreas, sendo importante para a formação de sementes e maturação de frutos, além de promover a formação e crescimento prematuros das raízes, processo que garante o estabelecimento inicial das espécies após o plantio em áreas degradadas (Tavares, 2008).

Ainda no que se refere ao sistema consorciado, foi possível observar um pequeno aumento no teor de Matéria Orgânica (MOS) ao longo dos anos (Figura 47). Mesmo diante desse aumento, a interpretação do resultado da análise química do solo, indica um teor de MOS considerado médio para o Sistema Taungya e baixo para o Plantio Convencional (PC) de espécies arbóreas. Diante desse resultado, é possível afirmar que, possivelmente pelo tempo de adoção dos sistemas, tanto o PC, quanto o Taungya, apresentaram um resultado pouco satisfatório, no que se refere ao acúmulo de MOS no solo, possivelmente devido à cobertura do solo, proporcionada pelas espécies arbóreas, que não foram capazes de conferir proteção e aporte de matéria orgânica. Esperava-se que o cultivo das espécies agrícolas, bem como o manejo utilizado para a sua produção, fosse capaz de contribuir para maior deposição de matéria orgânica no solo, no

entanto, essa influência não foi observada. Segundo Leite e Mendonça (2003), a diferença entre os teores de matéria orgânica do solo está diretamente relacionada às mudanças nos sistemas de manejo, que podem afetar os teores de carbono do solo, pela alteração do aporte anual de resíduos vegetais, pelas culturas agrícolas e pela modificação na taxa de decomposição da matéria orgânica do solo. Para Cardoso et al. (2013), a MOS do solo é considerada um atributo chave na avaliação da qualidade química do solo, uma vez que afeta importantes processos como o armazenamento de nutrientes, principalmente N, capacidade de retenção de água e estabilidade de agregados, além de afetar a atividade microbiana.

Avaliando a recuperação de uma área de cerrado degradada, 1 ano após o início da sua recuperação, com o uso de terraços e a recuperação e implantação da cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas*), Leite et al. (2015), encontraram resultados semelhantes, principalmente no que diz respeito ao carbono orgânico do solo e suas frações. Para esses autores, os baixos teores encontrados, realçam o estado de degradação do solo e a contribuição ainda incipiente do pinhão-manso indicando, portanto, a necessidade de aumento na entrada de carbono por meio da inclusão de espécies com elevado aporte de resíduos.

Segundo Calgaro et al. (2015) com o surgimento de áreas degradadas por ações antrópicas, os atributos químicos do solo e os caracteres silviculturais passaram a ter importância quanto ao entendimento do processo sucessional das espécies arbóreas e ao planejamento da recuperação de ecossistemas degradados. Sendo assim, em estudo sobre o assunto, estes autores, avaliaram a distribuição de espécies arbóreas em áreas com diferentes níveis de antropização, relacionando aspectos silviculturais com os atributos químicos do solo e caracterizando o tipo de vegetação. Diante dos resultados obtidos, os autores concluíram que os atributos químicos do solo, associados ao nível de antropização, estão influenciando a ocorrência natural, diversidade de espécies e desenvolvimento, bem como a altura e o DAP, que são bons indicadores de crescimento da comunidade arbórea. Resultados que mais uma vez confirmam a importância da avaliação dos atributos químicos do solo no que diz a recuperação de ecossistemas degradados.

A partir dos resultados apresentados até o momento e com base na análise química do solo realizada aos quatro anos após a implantação dos sistemas, se faz necessário, na fase atual da área em recuperação, a adoção de manejos e adubações de cobertura, visando favorecer o aporte e a manutenção da MOS e dos nutrientes, fundamentais para o progresso da recuperação do ecossistema em questão.

6.3. Densidade aparente do solo

A Figura 48 apresenta os resultados obtidos da média das análises realizadas da camada 0 a 5 cm da densidade aparente do solo. Foi possível observar que o sistema Taungya resultou em maior densidade aparente do solo que os sistemas de nucleação e o plantio convencional de espécies florestais nativas. Também foi possível observar maior densidade na entrelinha do sistema Taungya, utilizada para sucessivos cultivos agrícolas, quando comparada com a entrelinha do sistema de plantio convencional de espécies florestais (Figura 51 e 52).

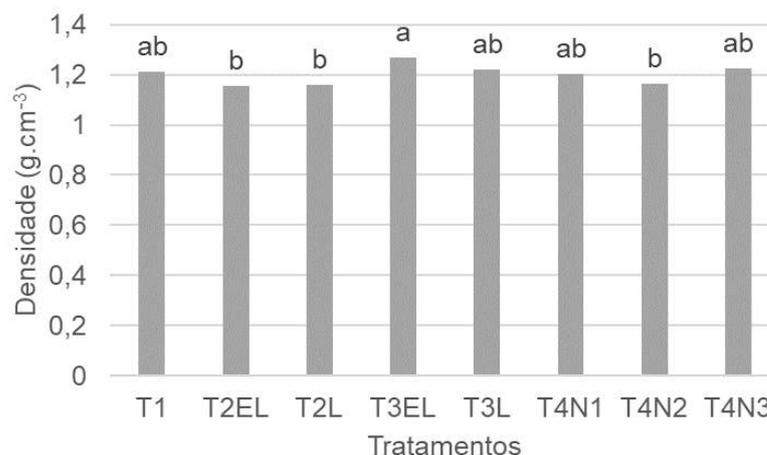


Figura 51. Densidade aparente do solo na camada de 0 a 5 cm em função de diferentes sistemas de manejos propostos para revegetação de mata ciliar degradada às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

T1 - Isolamento, T2 - Plantio Convencional; T3 - Taungya e T4 - Nucleação; (EL) entrelinha; (L) linha; (N1) centro do núcleo; (N2) 0,5 m da extremidade do núcleo; (N3) 1 m da extremidade do núcleo.

Média seguidas pela mesma, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

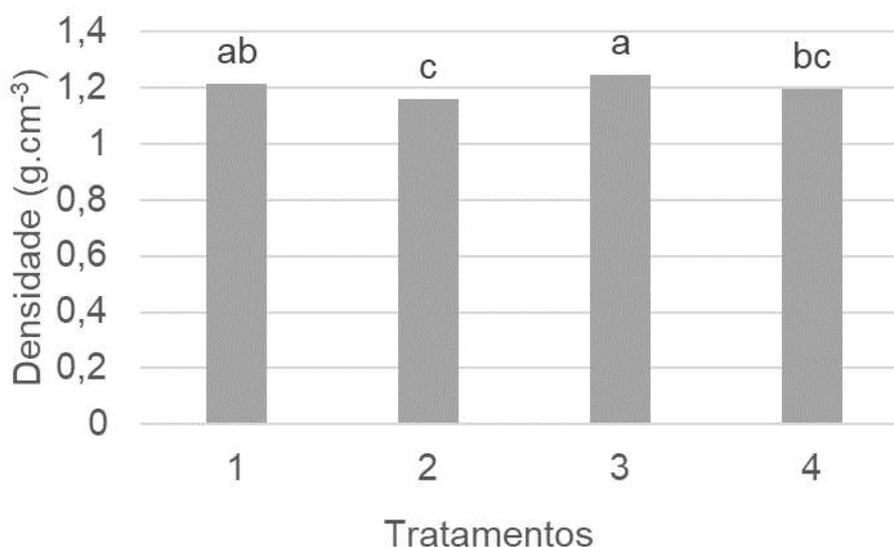


Figura 52. Densidade aparente do solo na camada de 0 a 5 cm em função de diferentes sistemas de manejos propostos para revegetação de mata ciliar degradada às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

T1 - Isolamento, T2 - Plantio Convencional; T3 - Taungya e T4 - Nucleação; Média seguidas pela mesma, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

A densidade aparente é uma das propriedades físicas do solo fortemente afetada por seu manejo (Leal Filho et al., 2013). Diferentes estudos caracterizam a densidade do solo como um dos atributos físicos responsáveis pela sustentabilidade dos sistemas de manejo, assim como para o aumento desta propriedade na camada superficial (0 a 5 cm) promovido pelo preparo do solo com uso de mecanização e seu cultivo intensivo (Lima et al., 2006; Calonego, et al., 2012; Cardoso et al., 2013; Leal Filho et al., 2013; Silva, 2014;). De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que o manejo no sistema Taungya aumentou a densidade aparente na entrelinha, devido ao uso de mecanização no cultivo do milho, feijão, mandioca, pimenta biquinho e pimenta malagueta.

Segundo Reinert et al. (2008), a habilidade das raízes penetrarem no perfil diminui quando a densidade e a resistência do solo aumentam. Em trabalho sobre o assunto, os autores concluíram que o crescimento normal das raízes das plantas de cobertura ocorreu até o limite de densidade de $1,75 \text{ g.cm}^{-3}$, em um sistema de plantio direto após o cultivo de plantas de cobertura (*Avena strigosa*; *Vicia sativa*; *Raphanus sativus*; *Zea mays*; *Crotalaria juncea*; *Cajanus cajan*; *Stilozobium cinereum*; *Canavalia ensiformis*). Comparando este sistema de plantio direto ao pousio, os autores também concluíram que entre a faixa de $1,75$ e $1,85 \text{ g.cm}^{-3}$, ocorreu restrição, com deformações na morfologia das raízes em grau médio e, acima de $1,85 \text{ g.cm}^{-3}$, essas deformações foram significativas, com grande engrossamento, desvios no crescimento vertical e concentração na camada mais superficial.

Para as espécies florestais arbóreas, diferentes trabalhos citam como densidade adequada para o crescimento das raízes, valor que variam de $0,8$ até $1,75 \text{ g.cm}^{-3}$ (Almeida et al., 2010; Pozzobon, et al., 2010; Cardoso, et al., 2011; Silva et al., 2011; Souza, 2012). Segundo Schumacher et al. (2004), para os solos florestais a densidade aparente pode variar de $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$ em camadas orgânicas até $1,9 \text{ g.cm}^{-3}$ em solos arenosos. Estes autores ainda afirmam que solos arenosos que apresentam densidade maior que $1,75 \text{ g cm}^{-3}$ e argilosos com valor superior a $1,55 \text{ g cm}^{-3}$ podem dificultar. Sendo assim, no presente estudo, mesmo havendo aumento na densidade aparente do solo, principalmente nas entrelinhas do sistema Tangya, constata-se que os valores observados se encontram abaixo limite considerado como restritivo ao desenvolvimento do sistema radicular, que,

para solos arenosos e argilosos, seria de 1,70 – 1,75 g.cm⁻³ e 1,55 g.cm⁻³, respectivamente (Bowen, 1981; Arshad et al., 1996).

Lima et al. (2011), comparando as características físicas do solo entre uma floresta nativa e sistemas agroflorestais (SAFs) com diferentes idades e outros dois sistemas (sistema com base ecológica e agricultura de corte e queima) encontraram densidade de 1,15 g.cm⁻³ e 1,21 g.cm⁻³ para os SAFs com 6 e 10 anos, respectivamente e, 1,29 g.cm⁻³ e 1,13 g.cm⁻³ para o sistema de agricultura de corte e queima e floresta nativa, respectivamente. Verifica-se que os valores obtidos no presente estudo, são próximos aos valores encontrados por esses autores no norte do Piauí, comparados a SAFs com mais de seis anos.

Wendling et al. (2012), estudando as modificações impostas sobre diferentes atributos do solo, dentre os quais a densidade aparente, em áreas de cerrado (CE), floresta de *Pinus caribaea* (FP), pastagem (PA) e semeadura direta (SD), encontraram maior densidade nas áreas de plantio direto em relação ao solo da área de floresta de pinus, que apresentou o menor adensamento nas duas profundidades analisadas (0 – 10 e 10 – 20 cm). Segundos esses autores, os resultados encontrados explicam os efeitos, em relação à densidade do solo, do trânsito constante de máquinas e equipamento agrícolas. Resultados que corroboram com o presente trabalho, onde as áreas com menor intensidade de manejo, como o Sistema PC de espécies arbóreas e a Nucleação, foram as que apresentaram os menores valores de densidade.

No que se refere à transposição do banco de sementes do solo, Leal Filho et al. (2013), comparando técnicas de nucleação utilizada na restauração de áreas degradadas na Amazônia brasileira, observaram que a densidade aparente do solo presentes nos diferentes tratamentos de nucleação apresentam naturalmente maior densidade que as áreas de florestas. A partir dos resultados obtidos, os autores também concluíram que o solo da área em recuperação, compactados pela movimentação de máquinas na mineração, mesmo após a escarificação manual, é mais adensado que aqueles encontrados nas áreas de floresta. No presente estudo, a densidade encontrada nos núcleos formados a partir da transposição do banco de sementes do solo (1,19 g.cm⁻³) foram inferiores aos valores encontrados por Leal Filho et al. (2013).

6.4. Análise microbiológica do solo

O sistema Taungya, resultou em maior número de bactérias por grama de solo quando comparado aos sistemas de Nucleação (Transposição do Banco de Sementes do Solo) e Isolamento (Figura 49). Ao mesmo tempo foi possível observar aumento no número de bactérias ao longo dos anos, independente do modelo adotado, mais acentuado na época de coleta 3, com posterior redução. Este comportamento não foi observado para os fungos (Figuras 49 e 50).

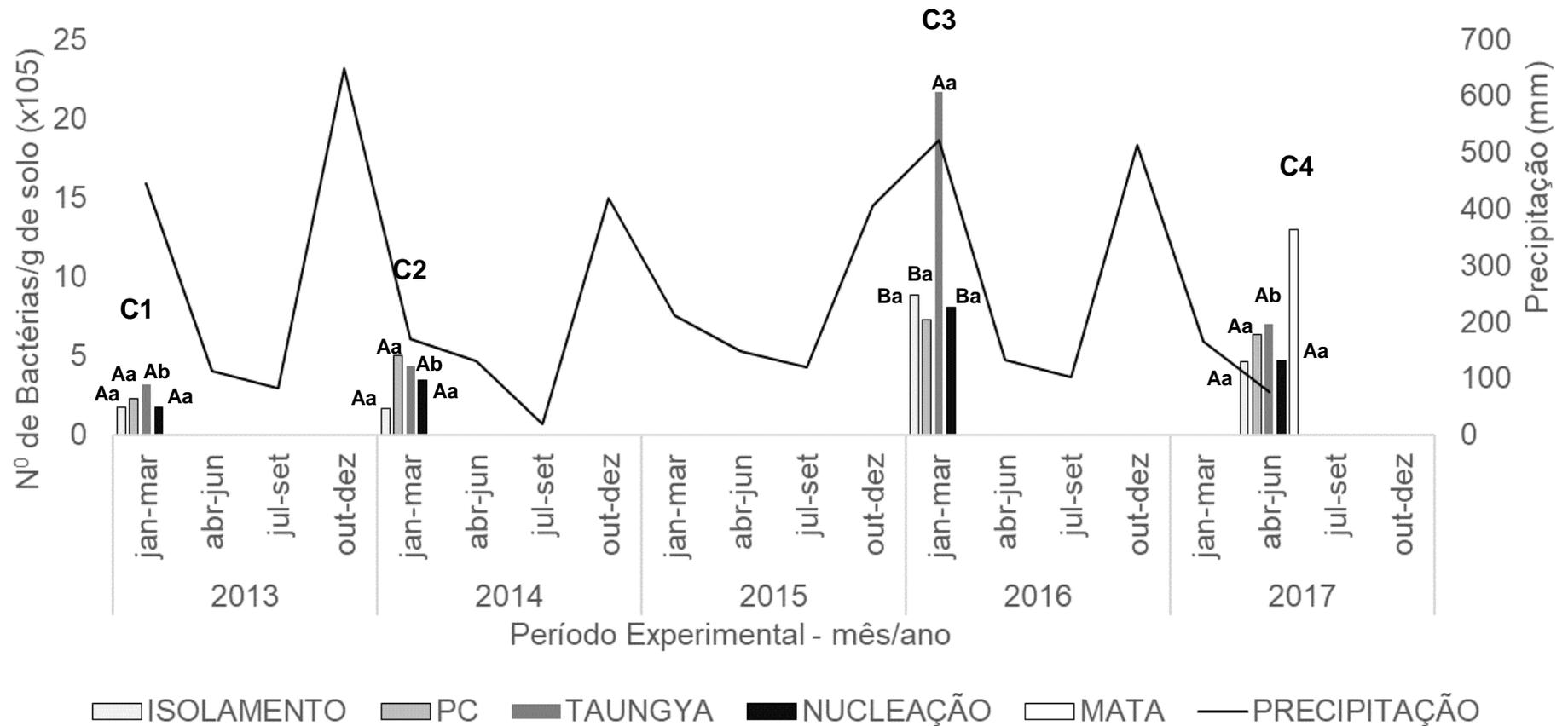


Figura 49. Número de bactérias por grama de solo em quatro épocas de coleta e precipitação pluviométrica em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

Coleta 1 (C1) = após limpeza da área para implantação do experimento (março/2013); Coleta 2 (C2) = nove meses após a implantação do experimento (janeiro/2014); Coleta 3 (C3) = três anos após a implantação do experimento (fevereiro/2016); Coleta 4 (C4) = quatro anos após a implantação do experimento (abril/2017).

Barras seguidas pela mesma letra maiúscula, entre os tratamentos, dentro da mesma época de coleta, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Barras seguidas pela mesma letra minúscula, entre as épocas de coleta, dentro do mesmo tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

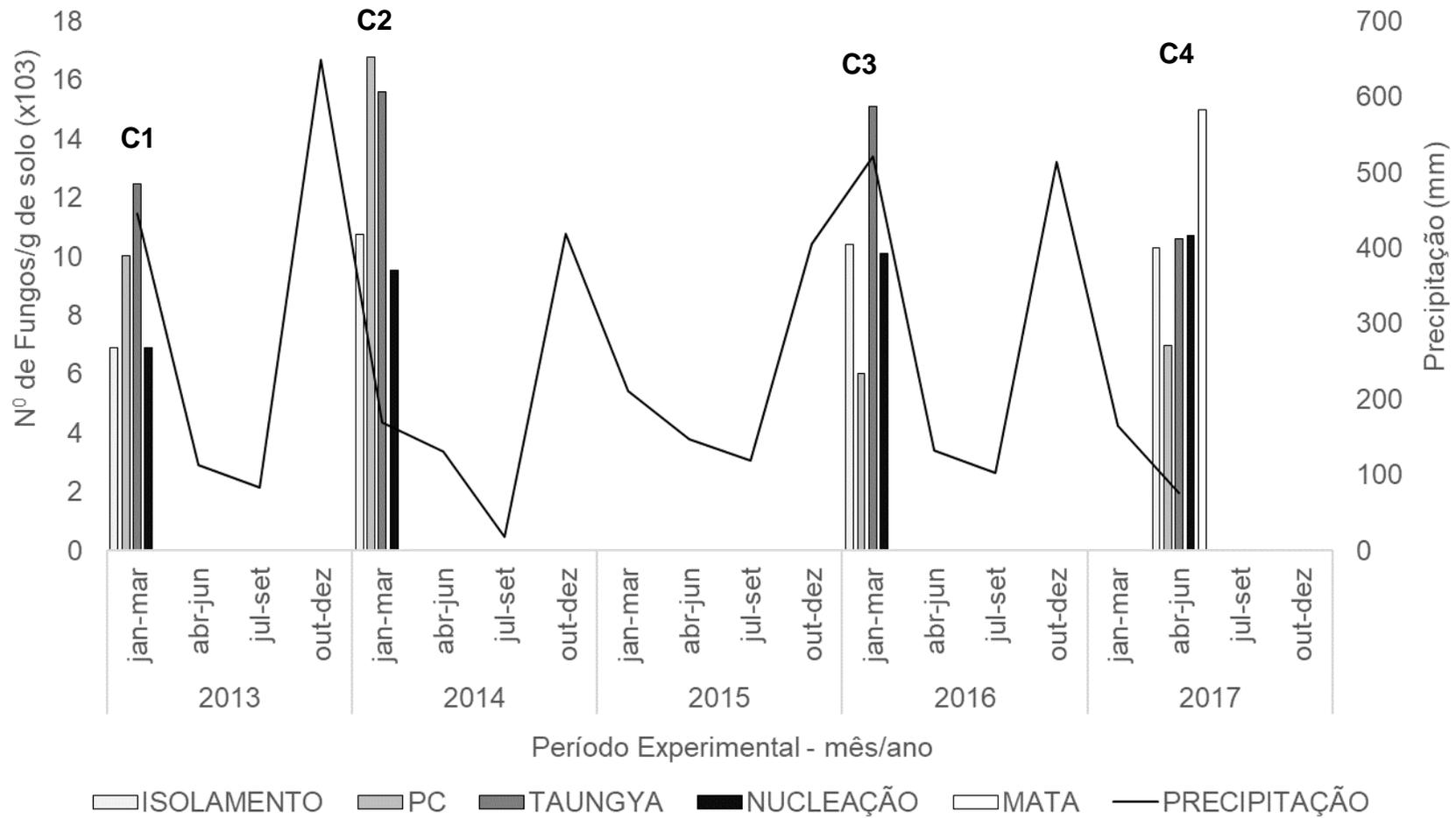


Figura 50. Número de fungos por grama de solo em quatro épocas de coleta e precipitação pluviométrica ocorrida em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

Coleta 1 (C1) = após limpeza da área para implantação do experimento (março/2013); Coleta 2 (C2) = nove meses após a implantação do experimento (janeiro/2014); Coleta 3 (C3) = três anos após a implantação do experimento (fevereiro/2016); Coleta 4 (C4) = quatro anos após a implantação do experimento (abril/2017).

Por outro lado, mesmo diante dos resultados observados, principalmente para as bactérias, bem como da recuperação observada sobre o solo, aos quatro anos, verificou-se que a comunidade de bactérias e fungos nas áreas sob os tratamentos testados é inferior à comunidade microbiana encontrada na área de mata ciliar próxima ao experimento (Figuras 49 e 50). A partir desses resultados observamos que as atividades antrópicas exercidas na área até março de 2013 provocaram forte impacto negativo na microbiota do solo, reduzindo o número de bactérias e fungos.

No sistema de Nucleação, quando comparado ao Isolamento da área (Regeneração Natural), não foi observada diferença para o número de bactérias por grama de solo até o 1 metro de distância da extremidade de cada núcleo formado a partir da transposição do banco de sementes do solo (Tabela 4).

Tabela 4. Número de bactérias e fungos por grama de solo entre dois sistemas de manejo (Isolamento e Nucleação) obtidos a partir da análise microbiológica em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

	Bactérias					Fungos				
	Isolamento	N1	N2	N3	Média	Isolamento	N1	N2	N3	Média
	nº bactéria/g de solo (x10 ⁵)					nº fungos/g de solo (x10 ³)				
Coleta 1	1,74 Ab	1,74 Ab	1,74 Aa	1,74 Ab	1,74 c	6,89 Aa	6,89 Aa	6,89 Aa	6,89 Aa	6,89 a
Coleta 2	1,68 Ab	5,12 Aab	3,26 Aa	2,08 Ab	3,03 bc	10,74 Aa	9,54 Aa	5,87 Aa	13,4 Aa	9,88 a
Coleta 3	8,87 Aa	7,89 Aa	6,79 Aa	9,39 Aa	8,23 a	10,4 Aa	12,0 Aa	8,06 Aa	10,3 Aa	10,19 a
Coleta 4	4,65 Aab	5,99 Aab	4,25 Aa	3,93 Aab	4,7 ab	10,3 Aa	12,4 Aa	10,6 Aa	9,02 Aa	10,58 a
Média	4,2 A	5,2 A	4,0 A	4,3 A		9,6 A	10,2 A	7,9 A	9,9 A	
CV (%)	37,6					5,82				

(N1) Núcleo 1 = Amostra no centro do núcleo; (N2) Núcleo 2 = Amostra a 0,5 m da extremidade do núcleo; (N3) Núcleo 3 = Amostra a 1 m da extremidade do núcleo. Coleta 1 = após limpeza da área para implantação do experimento (março/2013); Coleta 2 = nove meses após a implantação do experimento (janeiro/2014); Coleta 3 = três anos após a implantação do experimento (fevereiro/2016); Coleta 4 = quatro anos após a implantação do experimento (abril/2017).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey (5%).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey (5%).

Segundo Brandão (1992), a comunidade bacteriana pode variar de 10^8 a 10^9 organismos por grama de solo. Os fungos estão presentes no solo em comunidades que podem variar de 10^4 a 10^6 organismos por grama de solo com pH entre 3,0 e 9,0. Os fungos são predominantes em solos ácidos, onde sofrem menor competição, pois as bactérias são favorecidas por valores de pH na região alcalina e neutra. No presente estudo, verificou-se grande variação na quantidade de bactérias e fungos totais ao longo dos quatro anos de avaliação das técnicas de recuperação. O número de bactérias variou de $1,74 \times 10^5$ até $21,7 \times 10^5$. Para a quantidade de fungos totais, a variação observada foi de $6,89 \times 10^3$ até $13,4 \times 10^3$. Segundo Bartelega et al. (2015), a população microbiana do solo é muito influenciada pelo manejo e cobertura vegetal do solo, condições físicas e químicas, bem como pelas condições climáticas. Ao mesmo tempo, são capazes de dar respostas rápidas às mudanças na qualidade do solo e por isso, apresentam-se como indicadores da qualidade ou degradação do mesmo. Diante das condições climáticas observadas ao longo de todo ciclo experimental foi possível observar uma tendência no aumento do número de bactérias em função da precipitação que ocorreu na área experimental (Figura 49).

A coleta das amostras de solo em fevereiro de 2016 (Coleta 3), para avaliação do número de microrganismos por grama de solo pelo método da contagem viável em placa, foi realizada durante o verão, período com maior concentração de chuvas na região do experimento, quando comparadas à época das outras coletas, realizadas em período mais seco (Figura 49). Este comportamento não ocorreu na população de fungos (Figura 50).

Nem sempre os aspectos visuais observados em uma área em processo de recuperação representam realmente o que ocorre no solo (Melloni et al., 2001). Os fungos apresentam desenvolvimento pouco mais lento quando comparados às bactérias, por este motivo, não respondem tão rapidamente a alterações do meio, principalmente quanto a adição de matéria orgânica. Estes microrganismos apresentam uma ação mais prolongada e constante (Galli, F. 1964). Ao mesmo tempo, o método utilizado para a contagem do número de microrganismos presentes no solo, tende a isolar os fungos capazes de produzir grandes quantidades de esporos e de rápido crescimento em meios de culturas, o que pode excluir os fungos que se apresentam como micélio

possuem baixa capacidade de competir com as espécies de maior proliferação (Souza, 2010).

Durante a estação seca, mais evidente entre os meses de abril a agosto (Figuras 49 e 50), grande parte da biomassa microbiana morre. Com o início do período chuvoso e incremento da umidade, a biomassa sobrevivente faz uso da matéria orgânica acumulada durante o período seco, incluindo as células mortas, contribuindo para o aumento da atividade microbiana. Ao mesmo tempo, o aumento da temperatura e da precipitação, nesse período do ano, criam condições favoráveis ao aumento da biomassa microbiana do solo (Espíndola et al. 2001).

A faixa ciliar em recuperação apresentava em março de 2013, no início do preparo e isolamento da área, baixos teores de carbono e nutrientes, o que proporcionou baixo número de microrganismos no solo (Figuras 49 e 50). Segundo Silveira et al. (2004), a vegetação influencia diretamente a biomassa microbiana, por isso, sua eliminação ocasiona uma drástica queda da biomassa do carbono e, conseqüentemente, dos microrganismos do solo.

Sistemas consorciados e de plantio direto, quando bem manejados, contribuem para o aumento do carbono, nitrogênio e da matéria orgânica leve (Azar et al., 2013). Características que, quando associadas a condições climáticas favoráveis (temperatura e umidade), contribuem para a formação de grande biomassa microbiana na rizosfera (Fernandes et al., 2013; Freitas, 2013), o que pode explicar o maior número de bactérias encontrada nas amostras de solo provenientes do sistema Taungya, quando comparado aos sistemas de Isolamento e Nucleação (Figura 49). Segundo Cunha et al. (2014) a persistência de restos vegetais, ou seja, cobertura morta, na camada superficial diminui as oscilações de temperatura e umidade na superfície do solo, além de estimular as comunidades microbianas.

Diferentes autores, em estudos sobre o assunto, apontam para a influência do uso e manejo do solo sobre seus atributos físicos, químicos e microbiológicos. Alves et al. (2011), avaliaram a influência de diferentes sistemas de manejo (integração lavoura-pecuária, lavoura de milho/soja, pastagens, vegetação nativa e vegetação nativa em recuperação) sobre a população microbiana e sua atividade, e concluíram que as diferentes práticas agrícolas afetam fortemente o solo, causando distúrbios na comunidade

microbiana. Assim como os resultados encontrados às margens do rio Paraíba do Sul, os autores também concluíram que nos sistemas Integração lavoura-pecuária e pecuária a população microbiana é influenciada pelas épocas de coletas. Da mesma forma, Lourente et al., (2011) avaliaram o efeito do uso e manejo de solo sobre seus atributos químicos, físicos e microbiológicos em diferentes sistemas de manejos descritos a seguir: Área destinada a reflorestamento, sistema convencional de preparo do solo, sistema de semeadura direta, pastagem degradada e um sistema natural (mata nativa). Neste estudo, os autores observaram que os teores de carbono da biomassa microbiana do solo, nos sistemas de manejo, variaram entre o inverno e o verão, sendo, significativamente, maiores no verão. Ao mesmo tempo, a substituição da vegetação nativa por sistemas de cultivo causou importante redução média do carbono da biomassa microbiana. Por outro lado, quando comparado o carbono da biomassa entre sistemas plantio direto e convencional de preparo do solo não foram observadas diferenças entre os dois sistemas. Segundo os autores a semelhança entre o carbono da biomassa, nestes dois sistemas, pode estar associada ao fato de a coleta de solo ter sido realizada no primeiro ano após a implantação dos sistemas.

A degradação das matas ciliares, bem como outras áreas, anteriormente coberta por vegetação arbórea, provoca grande impacto negativo na microbiota do solo, reduzindo o número de todos os grupos de microrganismos, considerados ótimos indicadores da recuperação desses ambientes degradados (Lourente et al., 2011; Carneiro et al., 2012; Carneiro et al., 2016). Técnicas e manejos empregados na recuperação de áreas degradadas que possam favorecer a manutenção e o incremento da microbiota do solo, conseqüentemente, irão influenciar de forma positiva na recuperação dessas áreas.

6.5. Avaliação da chuva de sementes

No material proveniente dos coletores da chuva de sementes, durante as quatro primeiras avaliações, foi observado grande número de sementes da principal gramínea presente na área em recuperação, o Capim-colonião (*Urochloa brizantha*) (Figura 51).



Figura 51. Sementes de Capim-colonião coletadas entre os meses de janeiro a julho de 2017 em coletores de sementes instalados em experimento às margens do rio Paraíba do Sul, município de Itaocara, RJ.

Segundo Oliveira (2014), a família Poaceae apresentou 49,75% do total de indivíduos amostrados em levantamento fitossociológico realizado em dezembro de 2014, oito meses após a instalação do presente experimento. Este mesmo levantamento confirma o domínio das espécies herbáceas na área em recuperação, em função do histórico de uso e ocupação da área, predominantemente utilizada para o cultivo de espécies agrícolas, como também pela fragmentação ciliar observada às margens do Rio Paraíba do Sul, tornando suas Matas Ciliares mais vulneráveis à perturbação antrópica. Segundo Franco et al. (2012), distúrbios como apresentados pela mata ciliar em estudo podem favorecer a ocupação de espécies invasoras, que competem com a regeneração natural nativa. Substituir essas espécies invasoras por espécies florestais nativas do bioma em questão sempre é um desafio, principalmente aos seus mecanismos eficientes de dispersão, tamanho e dormência das sementes dessas espécies que contribuem com a sua dominância (Franco et al., 2012, Resende e Leles, et al. 2017).

Dentre as espécies florestais arbustivas e arbóreas, foram amostradas 11 espécies, pertencentes a 8 famílias botânicas (Tabela 5).

Tabela 5. Número de indivíduos arbustivos e arbóreas amostrados a partir da chuva de sementes com a listagem das famílias botânicas, nomes científicos e nomes populares das espécies. Síndromes de dispersão (SD): Anemocoria (An); Autocoria (Au); Zoocoria (zoo), (Ba) Barocoria. Grupo ecológico (GE): Pioneira (Pi); Não Pioneira (NP); Número de indivíduos amostrados (N). *espécies amostradas de janeiro de 2016 a janeiro de 2017.

Família/Nome Científico	Nome vulgar	SD	GE	N
Anacardiaceae				
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeira	Zoo	Pi	295
<i>Tapirira guianensis</i>	Pau-pombo	Zoo	NP	4
Asteraceae				
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Alecrim	Zoo	Pi	18
Cecropiaceae				
<i>Cecropia catarinensis</i>	Embaúba	Zoo	Pi	12
Euphorbiaceae				
<i>Croton urucurana</i>	Sangra d'água	Au/Zoo	Pi	5
Fabaceae				
<i>Peltophorum dubium</i>	Canafístula	An/Au	Pi	12
<i>Machaerium hirtum</i>	Jacarandá-de-espinho	An	Pi	2
Meliaceae				
<i>Guarea guidonia</i>	Marinheiro	Au/Zoo	Pi	9
<i>Trichillia hirta</i>	Catiguá	Zoo	NP	3
Myrtaceae				
<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	Zoo	Pi	25
Ulmaceae				
<i>Trema micrantha</i>	Crindiúva	Au/Zoo	Pi	140

Algumas espécies podem apresentar mais de um mecanismo de dispersão, sendo assim 80% foram classificadas como zoocóricas, 35% como autocóricas e 15% anemocóricas. No que diz respeito ao grupo ecológico, a regeneração foi composta por 80% pioneiras e 20% não pioneiras. As espécies mais abundantes foram *Schinus terebinthifolius*, com 295 sementes, *Trema micranta*, com 140 sementes amostradas, e *Psidium guajava* (25 sementes). Seguidas por *Baccharis dracunculifolia* (18 sementes), *Peltophorum dubium* (12 sementes) e *Guarea guidonia* (9 sementes).

Comparando as espécies identificadas a partir da chuva de sementes coletada na área do presente estudo com espécies identificada em diferentes estudos (Tomazi et al., 2010; Silva, et al., 2012; Capellesso et al., 2015; Fonseca et al., 2017), é possível afirmar que assim como indivíduos, poucas espécies estão chegando na área em recuperação às margens do rio Paraíba do Sul. O grande número de sementes das espécies *Schinus terebinthifolius* e *Trema micranta*, quando comparadas a outras espécies, se deve à maior ocorrência dessas espécies na área em recuperação, bem como ao mecanismo de dispersão eficiente apresentado por cada uma delas.

O predomínio de espécies herbáceas e, conseqüentemente, de um baixo número de espécies arbóreas encontradas na área em recuperação, bem como um reduzido número de sementes provenientes da chuva de sementes pode estar relacionado a diferentes condições, dentre os quais se destacam a matriz do entorno, caracterizada por sucessivos ciclos de cultivos agrícolas e pastagens formadas por *Urochloa brizantha* (Capim-colonião), a fragmentação e o isolamento da vegetação nativa às margens do rio Paraíba do Sul. Segundo Silva (2013), a presença dessas pastagens, formadas principalmente pelo Capim-colonião, faz com que a área fique sujeita a contaminação da chuva de sementes, uma vez que este capim apresenta um mecanismo muito eficaz de dispersão. São situações que dificultam ou até mesmo impedem a restauração a partir da regeneração natural (Gaertner et al., 2012; Ruwanza et al., 2013).

Não menos importante, a fragmentação e o isolamento da vegetação nativa às margens do rio Paraíba do Sul, bem como o tamanho e a distância desses fragmentos até a área em recuperação, devem ser considerados como um dos fatores mais limitantes à chegada de sementes e o estabelecimento de

novas espécies (Davide e Botelho, 2015). Sendo assim, Ferreira et al. (2010), avaliando a regeneração natural em função da fonte de sementes, ou seja, distância de fragmentos florestais adjacentes, afirmaram que a presença do fragmento adjacente foi fundamental no processo de regeneração, proporcionando chegada constante de sementes e distribuição uniforme das espécies regenerantes até 75 m de distância. Para Dias (2008) a dispersão de sementes é alta e constante a uma distância de até 35 metros.

No que diz respeito à distância dos fragmentos florestais, fontes de propágulos que auxiliam na regeneração natural de área degradadas, é possível observar na figura 52, que os fragmentos mais próximos da área em recuperação encontram-se a 800 m (fragmento A), 700 m (fragmento C) e 600 m (fragmento B). Assim como todos os outros fragmentos, considerados próximos à área em recuperação, o fragmento A sofre com constantes perturbações antrópicas, principalmente pela ocorrência anual de fogo.



Figura 52. Distância entre a área experimental e os fragmentos florestais nativos fontes de propágulos que auxiliam na regeneração natural de áreas degradadas. (A, B e C). Fragmentos florestais localizados próximos à área experimental.

* Indica a posição da área em recuperação.

Em estudo sobre o assunto, Soares (2012), avaliando diferentes modelos de implantação de matas ciliares em margens de reservatórios, constatou baixa diversidade e densidade de regeneração em área plantada com baixa diversidade de espécies, distante do fragmento mais próximo a cerca de 1,5 km, evidenciando que em paisagem isolada a chegada de propágulos é dificultada.

Além disso, a elevada fragmentação dos ecossistemas tropicais, principalmente a Mata Atlântica (Baynes et al., 2016; Robinson et al., 2015), proporcionou importantes efeitos deletérios, dentre os quais a vulnerabilidade dos mesmos aos distúrbios bióticos e abióticos, o isolamento, aumento no efeito de borda e, conseqüentemente, a redução na biodiversidade, o que pode afetar a funcionalidade desses fragmentos quanto à oferta de propágulos e sua influência na recuperação de áreas degradadas (Bunyan et al. 2012; Magnago et al., 2015; Baynes et al., 2016).

Rezende et al. (2015), com base em um estudo realizado no município de Trajano de Moraes, localizado no Estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil, sugerem que o tamanho dos fragmentos florestais é determinante na regeneração avaliada no município em questão, sendo que a restauração florestal avaliada foi mais evidente nos primeiros 180 metros de distância dos fragmentos mais velhos. Isso confirma a importância da presença de remanescentes florestais como fontes de propágulos, no aumento da riqueza de espécies, número de indivíduos e biomassa nas áreas em regeneração (Rezende et al., 2015; Robinson et al 2015).

Nessa mesma perspectiva, Reich e Francelino (2012), avaliando o potencial de recuperação de áreas alteradas em áreas de proteção permanente no município de Rio Branco, Acre, concluíram que o grau de resiliência desses ambientes está diretamente relacionado à sua distância dos fragmentos florestais adjacentes. Nesse estudo, foi gerado um mapa de distância a partir das bordas dos fragmentos florestais acima de 10 ha, onde foram consideradas quatro classes: de 0 a 35 metros (muito próxima), de 35 a 100 metros (próxima), de 100 a 300 metros (distante) e acima de 300 metros (muito distante). A partir da metodologia utilizada foi possível concluir que áreas com elevado grau de resiliência, localizam-se a uma distância de até 100 m da fonte

de propágulos e por isso, necessitam de menores custos para implementação de programas de restauração.

A fragmentação e o seu isolamento exercem influência direta no comportamento da fauna, apontada como um dos principais agentes da dispersão de propágulos das fontes florestais adjacentes até as áreas em recuperação (Volpato, et al., 2012). Segundo Laurance e Vasconcelos (2009), o acesso dos agentes dispersores de sementes a fragmentos florestais é facilitado pela proximidade destes fragmentos às áreas florestais mais extensas. Este acesso exerce influência direta na dispersão de sementes, uma vez que poucas sementes de espécies arbóreas conseguem ser dispersas a distâncias superiores a 350 metros em áreas abertas (Ranta et al., 1998).

Vale ressaltar que sementes de muitas espécies arbóreas são dispersas via zoocoria (Oliveira et al., 2015; Vogel et al., 2016), sendo assim, a distância da fonte de propágulos exerce influência direta na quantidade de material vegetativo que chega sobre o solo (Rocha, 2014; Araujo et al., 2016), considerando que os agentes dispersores migram entre fragmentos florestais e que precisam se abrigar ou descansar durante estes trajetos. Sendo assim, a existência de uma correlação negativa entre o fluxo de propágulos e aumento na distância das vegetações resulta em uma considerável redução na dispersão de sementes, uma das principais barreiras à sucessão e recuperação de áreas degradadas a partir da regeneração natural, tendo em vista que o isolamento e a fragmentação são recorrentes (Robinson et al., 2015; Mota, 2016).

6.6. Cobertura do solo por gramíneas

A avaliação da cobertura do solo por gramíneas evidenciou redução na massa seca das espécies herbáceas, principalmente o Capim-colonião. No período avaliado, foram realizadas em todos os tratamentos 10 operações de roçadas e capinas na linha e na entre linha das espécies florestais, bem como nos demais tratamentos. As operações de limpeza dos tratamentos contribuíram de forma significativa para a redução da cobertura do solo imposta por gramíneas invasoras. No entanto, segundo Leles et al. (2015), o controle de plantas daninhas influencia diretamente os custos de implantação e

manutenção da recuperação de áreas degradadas. É importante ressaltar que os autores relatam que em seu estudo, assim como no campo experimental da UENF, a vegetação predominante era de *Panicum maximum*, e os custos de manutenção foram até três vezes maiores, quando comparado a outras áreas onde o capim-colonião não era predominante.

No sistema Taungya observou-se redução na massa seca de gramíneas em relação à primeira época de avaliação. Este sistema, também apresentou menor massa seca quando comparado aos demais sistemas avaliados, principalmente por possibilitar maior cobertura do solo (Figura 41), promovida pela copa das espécies arbóreas e por receber diferentes tratamentos culturais relacionados ao cultivo das espécies agrícolas (Tabela 6).

Tabela 6. Massa seca de gramíneas entre os sistemas de manejo (Isolamento, Plantio Convencional – PC, Taungya e Nucleação) e duas épocas de coleta em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

Época	Tratamentos	Isolamento	PC	Taungya	Nucleação
	toneladas.ha ⁻¹				
Dezembro/2015		2,32aA	2,10aAB	1,75aB	2,16aAB
Dezembro/2016		2,30aA	1,61bB	1,17bB	2,16aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo teste de tukey (5%).

Médias, seguidas pela mesma letra maiúscula, entre os tratamentos, dentro da mesma época de coleta, não diferem entre si pelo teste de tukey (5%).

Dentre as gramíneas presentes na área em estudo, destaca-se o *Panicum maximum* (Capim-colonião) e a *Brachiaria purpuracens* (Capim-angola), espécies que por pertencerem ao grupo das plantas C4 apresentam elevada capacidade fotossintética líquida e, conseqüentemente, alta produção de matéria seca (Marengo e Lopes, 2005). O Capim-colonião é uma espécie perene e heliófita, forma touceiras persistentes e de grande resistência.

Apresenta propagação vegetativa e via dispersão de sementes pelo vento e por aves (Lorenzi, 2008; Mantoani et al., 2012). O Capim-angola é uma gramínea agressiva, adaptada a solos de baixa fertilidade, desenvolvendo-se bem tanto em locais secos como em locais úmidos. Tolerância a solos encharcados ou sujeitos a alagamento periódico (Dias-Filho, 2005). Segundo Lorenzi (2008), apresenta elevada agressividade competitiva, dominando totalmente o ambiente que invade. Segundo Magnago et al. (2015), por essas características são consideradas espécies invasoras e agressivas, principalmente em áreas com presença elevada de espécies decíduas, como é o caso das áreas em restauração.

A partir da avaliação da cobertura do solo por gramíneas, a partir da metodologia proposta pelo Inea, aos quatro anos após implantação dos sistemas de manejo, foi possível observar menor cobertura do solo nas parcelas do sistema Taungya (17,5%). Por outro lado, o sistema de Isolamento (Regeneração Natural) apresentou maior infestação por gramíneas invasoras (> 70%), destacando-se o Capim-colômbio e Campi-angola. Sendo assim, é possível afirmar que a regeneração natural nas áreas em recuperação não contribuiu, ao longo dos anos, para a redução da cobertura do solo imposta por essas espécies, indesejáveis ao processo de recuperação.

Segundo Resende e Leles (2017), o controle de plantas daninhas visando à restauração florestal deve observar, principalmente, a paisagem, ou seja, encostas mecanizáveis ou não, planícies secas ou alagáveis, bem como a matriz de vegetação predominante. Em áreas com vegetação espontânea predominante composta por *Panicum maximum* e espécies do gênero *Urochloa* spp., características encontradas na área do presente estudo, os autores recomendam como estratégia para controle das plantas daninhas aumentar o espaçamento entre linhas e adensar o plantio nas linhas, visando reduzir a manutenção dentro dessa linha, com espécies florestais pioneiras, de rápido crescimento em altura e área da copa. Ao mesmo tempo, quando a vegetação predominante é composta por espécies dos gêneros *Urochloa* e *Panicum*, consideradas mais competidoras, o uso de herbicidas é fundamental para reduzir a incidência dessas plantas daninhas e favorecer o crescimento das espécies plantadas.

6.7. Regeneração Natural

Ao todo foram amostrados 85 indivíduos distribuídos entre os quatro modelos propostos para recuperação da mata ciliar às margens do rio Paraíba do Sul. Estes, foram identificados em nível de espécie (15 espécies) e classificados em 10 famílias botânicas (Tabela 7), em uma área total de 8064 m², com uma densidade de aproximadamente 105 indivíduos.ha⁻¹.

Tabela 7. Número de indivíduos arbustivos e arbóreas amostrados a partir da avaliação da regeneração natural com a listagem das famílias botânicas, nomes científicos e nomes populares das espécies. Síndromes de dispersão (SD): Anemocoria (An); Autocoria (Au); Zoocoria (zoo), (Ba) Barocoria. Grupo ecológico (GE): Pioneira (Pi); Não Pioneira (NP); Número de indivíduos amostrados (N).

T1 – Isolamento da área (Regeneração natural) *				
Família/Nome Científico	Nome vulgar	SD	GE	N
Anacardiáceae				
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeira	Zoo	Pi	13
Asteraceae				
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Alecrim	Zoo	Pi	2
Cecropiaceae				
<i>Cecropia catarinensis</i>	Embaúba	Zoo	Pi	1
Euphorbiaceae				
<i>Croton urucurana</i>	Sangra d'água	Au/Zoo	Pi	2
Fabaceae				
<i>Mimosa bimucronata</i>	Maricá	Au	Pi	1
Meliaceae				
<i>Guarea guidonia</i>	Marinheiro	Au/Zoo	Pi	1
<i>Trichilia hirta</i>	Catiguá	Zoo	Si	4
Myrtaceae				
<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	Zoo	Pi	1
Piperaceae				
<i>Piper sp.</i>	Jaborandi	Zoo	Pi	11
Ulmaceae				
<i>Trema micrantha</i>	Crindiúva	Au/Zoo	Pi	2

Continua...

Tabela 7. Continuação.

T2 – Plantio Convencional de espécies florestais (PC) *					
Anacardiaceae					
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeira	Zoo	Pi	1	
Asteraceae					
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Alecrim	Zoo	Pi	1	
Myrtaceae					
<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	Zoo	Pi	1	
T3 – Sistema Taungya *					
Anacardiaceae					
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeira	Zoo	Pi	1	
T4 – Transposição do banco de sementes do solo *					
Anacardiaceae					
<i>Anacardium occidentale</i>	Caju	Zoo	Pi	1	
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeira	Zoo	Pi	8	
Asteraceae					
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Alecrim	Zoo	Pi	2	
Fabaceae					
<i>Peltophorum dubium</i>	Canafístula	An/Au	Pi	2	
<i>Machaerium hirtum</i>	Jacarandá-de-espinho	An	Pi	1	
Meliaceae					
<i>Guarea guidonia</i>	Marinheiro	Au/Zoo	Pi	2	
<i>Trichilia hirta</i>	Catiguá	Zoo	Si	4	
Myrtaceae					
<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	Zoo	Pi	3	
<i>Syzygium cumini</i>	Jamelão	Zoo	Pi	2	
Piperaceae					
<i>Piper sp.</i>	Jaborandi	-	Pi	12	
Rubiaceae					
<i>Genipa americana</i>	Genipapo	Zoo	NP	1	
Ulmaceae					
<i>Trema micrantha</i>	Crindiúva	Au/Zoo	Pi	5	

* Área total amostrada por tratamento = 2016 m².

A regeneração natural presente na área em recuperação (espécies e indivíduos.ha⁻¹) é baixa quando comparada aos resultados obtidos em outros trabalhos realizados em condições semelhantes às encontradas na região Noroeste Fluminense (Dan et al., 2010; Sukanuma e Durigan, 2014; Oliveira et al., 2015). Em uma área ciliar com 10 anos de restauração a partir de um plantio de mudas de espécies nativas (*Schinus terebinthifolius*, *Vitex megapotamica*, *Psidium cattleianum* e *Luehea divaricata*), foram amostrados

1.751 indivíduos, pertencentes a 74 espécies e 31 famílias (Fonseca, et al., 2017). Em outra área ciliar, 12 anos após a implantação do experimento em que foram avaliados cinco modelos de plantios mistos, com variação de espaçamento, disposição e proporção de grupos ecológicos, foram amostrados 845 indivíduos (489 indivíduos.ha⁻¹) pertencentes a 32 espécies e 22 famílias. Dentre os sistemas de plantio avaliados, os autores observaram que, os modelos nos quais espécies de ambos os grupos ecológicos foram utilizadas apresentaram os melhores indicadores. Os autores consideraram que o povoamento se encontra em situação de baixa diversidade, com regeneração deficiente e banco de sementes dominado majoritariamente por uma espécie arbórea exótica utilizada no plantio e espécies herbáceas invasoras, o que pode comprometer a automanutenção do povoamento no futuro (Soares, et al., 2016). Lira et al. (2016), analisando a estrutura de uma área em processo de recuperação, contendo os modelos de indução e condução da regeneração natural, na barragem do Rio Siriji, Vicência – PE, cinco anos após o início das intervenções, amostraram 774 indivíduos vivos, distribuídos entre 24 espécies arbóreas pertencentes a 17 famílias botânicas.

A partir dos resultados obtidos no presente estudo, bem como nos outros trabalhos consultados, foi possível observar que a densidade de indivíduos e o número de espécies do estrato de regeneração natural em áreas restauradas a partir de diferentes modelos podem variar. Segundo Magnago et al. (2012), essa variação está principalmente relacionada à idade da restauração, à fisionomia do entorno das áreas restauradas, às espécies utilizadas e aos modelos de restauração utilizados. A regeneração natural, fundamental para recuperação de áreas degradadas, depende de inúmeros fatores, determinantes para o seu sucesso, dentre os quais se destacam a chuva de sementes e a dispersão dessas sementes proporcionada por diferentes agentes dispersores da vegetação natural adjacente, o grau de perturbação, o histórico de uso da área, seu estado de conservação, fragmentação da paisagem e presença de espécies problema (Uriarte et al. 2011; Török, et al., 2011; Valdez-Hernández et al. 2014; Martins, et al., 2012; Kunz et al., 2014; Correia e Martins, 2015).

Na área em estudo, alguns desses fatores, responsáveis pelo sucesso ou insucesso da regeneração natural, podem estar relacionados à baixa

diversidade e riqueza de espécies encontradas na regeneração, como à idade da recuperação, à presença de espécies problemas, ao baixo potencial da chuva de sementes e à fragmentação da paisagem florestal do entorno.

A área estudada encontra-se em processo inicial de recuperação, com apenas quatro anos, desde o seu isolamento dos fatores responsáveis por sua degradação. Ao mesmo tempo, a maioria das espécies plantadas, bem como as espécies introduzidas a partir da transposição do banco de sementes do solo, não foram capazes de contribuir significativamente com a dispersão de propágulos na área. Dentre as espécies indentificadas, destaca-se a Aroeira, com treze indivíduos identificados nas parcelas do tratamento 1 e oito indivíduos no tratamento 4 (Tabela 7). Muitas dessas espécies estão no início de suas fases reprodutivas.

No que diz respeito aos mecanismos de dispersão das sementes, 70% das espécies foram classificadas como zoocóricas, 30% como autocóricas e 10% anemocóricas. Quanto ao grupo ecológico, as espécies foram classificadas em pioneiras (80%) e não pioneiras (20%). As espécies arbóreas mais abundantes foram *Schinus terebinthifolius*, com 23 indivíduos amostrados e *Trichilia hirta* com 8 indivíduos. Seguidas por *Trema micrantha* (7 indivíduos), *Trema micrantha* (5 indivíduos) e *Guarea guidonia* (3 indivíduos).

Algumas espécies se fizeram presentes tanto na chuva de sementes quanto na regeneração natural, dentre as quais se destacam a *Schinus terebinthifolius* e a *Trema micrantha*, espécies pioneiras com elevada produção de sementes. Por essas características, foram as espécies que mais contribuíram para a chuva de sementes, coletadas principalmente nas parcelas do tratamento 4 e do tratamento 1 (Tabelas 5 e 7). Segundo Vieira e Gandolgi (2006) a determinação do material encontrado nos coletores geralmente mostra que é proveniente de espécies existentes na comunidade florestal e, provavelmente de plantas que estão frutificando em torno dos coletores.

Mas, mesmo diante da grande quantidade de sementes das espécies em questão, identificadas a partir da chuva de sementes, poucas espécies regenerantes foram encontradas (Tabelas 5 e 7). A ausência de indivíduos regenerantes, mesmo diante da presença da chuva de sementes de determinadas espécies também é indicativo de um impedimento no processo de germinação na área em recuperação.

A maior parte das espécies amostradas nos coletores foram pioneiras e zoocóricas, assim como, a maioria das espécies identificadas no levantamento da regeneração natural, que também apresentam a predominância dessa síndrome de dispersão, apontando para a importância da fauna para a manutenção e recuperação de ecossistemas degradados. A predominância da zoocoria ocorreu principalmente devido à espécie *Schinus terebinthifolius*, espécie que foi plantada e também apresentou maior número de indivíduos regenerantes. Segundo Reis e Kageyama (2008), tanto os processos de dispersão, quanto os agentes envolvidos, são essenciais para o progresso da sucessão ecológica, e por isso, são responsáveis, em parte pela recuperação de ecossistemas degradados.

Dos quatro modelos propostos para recuperação da faixa ciliar às margens do rio Paraíba do Sul, a Nucleação (transposição do banco de sementes do solo) apresentou maior número de indivíduos amostrados a partir da regeneração natural (213 indivíduos.ha⁻¹), seguidos pelo Isolamento da área (188 indivíduos.ha⁻¹), Plantio Convencional (14 indivíduos.ha⁻¹) e Taungya (5 indivíduos.ha⁻¹). Segundo Bechara et al. (2016), a escolha do modelo inadequado, bem como a realização de intervenções desnecessárias, como o manejo adotado para a manutenção de cada modelo de recuperação, pode prejudicar a regeneração natural do ecossistema.

Além dos fatores descritos até o momento, relacionados à baixa densidade de indivíduos regenerantes, é importante destacar as operações de manejos intrínsecas às técnicas avaliadas no presente estudo, que influenciam o potencial de regeneração natural em cada uma das parcelas. Resultados apresentados por diferentes estudos apontam para prejuízos na regeneração natural em áreas com revolvimento do solo e roçada mecanizada para supressão de gramíneas invasoras (Cava et al., 2016; Mantoani et al., 2016).

No sistema Taungya, as inúmeras operações de roçadas mecanizadas e capinas manuais, buscando favorecer o desenvolvimento das espécies florestais e espécies agrícolas, em detrimento das gramíneas invasoras, foram responsáveis por reduzir também a regeneração natural dentro deste sistema, o que é desejável ao que o modelo se propõe. O mesmo resultado foi observado no sistema de Plantio Convencional (Tabela 7). Por outro lado, foi possível observar maior número de indivíduos regenerantes nas áreas alvo da

Nucleação, seguidas pelas áreas sob a técnica de Isolamento (Tabela 7). Este resultado está diretamente relacionado ao manejo específico para cada área. No que diz respeito à Nucleação, as operações de limpeza (roçadas mecânicas e capinas manuais) foram realizadas sempre ao redor dos núcleos, objetivando favorecer o desenvolvimento dos mesmos, bem como das espécies regenerantes dentro de cada núcleo. Nas áreas sob Isolamento, operações de limpeza foram realizadas a partir do segundo ano, ao redor dos regenerantes, o que também favoreceu a regeneração nessas áreas.

6.8. Caracterização dos custos e receitas

Segundo Oliveira et al. (2016), os custos de implantação e manutenção do presente estudo, aos nove meses após a implantação dos modelos de recuperação (abril/2013 até jan/2014) foram de R\$ 8.292,55 por hectare para o Plantio Convencional (PC). Quando comparado ao PC, o custo do sistema Taungya foi 88% maior (R\$ 15661,70). A receita obtida com a comercialização das espécies agrícolas durante os nove primeiros meses de implantação do sistema foi de R\$ 2.077,42 por hectare, obtida a partir do consórcio com feijão (ciclo 1) e com feijão e milho (ciclo 2), resultando no amortecimento de 13% dos custos de implantação.

Os custos do Isolamento da área, para avaliar a regeneração natural, foram relacionados à construção da cerca elétrica ao redor do experimento e manutenção dos aceiros (R\$ 1668,50 por hectare). Para a nucleação, os custos no primeiro ano envolveram a coleta e a transposição do banco de sementes do solo, construção da cerca, limpeza ao redor dos núcleos, irrigação e combate às formigas cortadeira (R\$ 2490,25 por hectare).

A partir do primeiro (fev/2014) até o quarto ano (dez/2017), o custo relacionado à manutenção do plantio convencional das espécies arbóreas, foi de aproximadamente R\$ 7493,05 por hectare. Para o sistema Taungya, o custo relacionado às operações de manutenção das espécies arbóreas e cultivo das espécies agrícolas (mudas das espécies agrícolas, fertilizantes, material de irrigação, mão de obra), foi aproximadamente 70% maior (Tabela 8 e 9). Os custos relacionados à Nucleação e ao Isolamento da área foram resultantes de operações de roçada e limpeza, ao redor dos núcleos e das espécies

regenerantes. Essas operações objetivam reduzir a competição imposta pelo Capim-colonião, muito abundante na área do presente estudo (Tabelas 10 e 11).

Tabela 8. Custos relacionados à manutenção de um reflorestamento a partir do plantio convencional de espécies arbóreas para recuperação de mata ciliar às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

VARIÁVEIS	UNIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	Ano 1 – Ano 4*	
			QUANTIDADE	TOTAL (R\$)
A. Operações mecanizadas (tratores)				
Roçada Linha e entrelinha	Hora-trator	32,40	21,5	696,6
Manutenção Aceiros				
B. Operações semimecanizadas (roçadeira)				
Roçada Linha e entrelinha	Hora-roçadeira	14,00	56	784,00
C. Operações manuais				
Capina (enxada)	Hora-homem	10	3	30,00
Total (0,2 ha)				1510,60
Total (ha)				7493,05

* Ano 1 – fev/2014 até dez/2014; Ano 2 – jan/2015 até dez/2015; Ano 3 – jan/2016 até dez/2016; Ano 4 – jan/2017 até dez/2017.

Tabela 9. Custos relacionados à manutenção de um reflorestamento a partir do consórcio entre espécies arbóreas e agrícolas (Sistema Taungya) para recuperação de mata ciliar às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

VARIÁVEIS	UNIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	Ano 1 – Ano 4*	
			QUANTIDADE	TOTAL (R\$)
A. Operações mecanizadas (tratores e micro tratores)				
Roçada e preparo do solo (Trator)	Hora-trator	32,40	20,5	664,42
Manutenção dos aceiros				
Preparo solo (micro trator)	Hora-micro trator	19,00	13	247,00
B. Operações semimecanizadas (roçadeira)				
Roçada Linha e entrelinha	Hora-roçadeira	14,00	71	854,00
C. Operações manuais				
Plantio e colheita Espécies agrícolas				
Capinas (enxada)	Hora-homem	10	231	2310,00
Adubações				
Montagem Sistema de irrigação				
D. Insumo				
Superfosfato Simples	Kg	1,80	10	18,00
NPK 20-05-20	Kg	2,50	18	45,00
NPK 4-14-8	Kg	2,00	32	64,00
Sistema de Irrigação I	-	-	-	855,80
Sistema de Irrigação II	-	-	-	540,00
Mudas Pimenta Biquinho	-	-	-	37,50
Mudas Pimenta Malagueta	-	-	-	75,00
Total (0,2 ha)				5710,50
Total (ha)				28552,50

* Ano 1 – fev/2014 até dez/2014; Ano 2 – jan/2015 até dez/2015; Ano 3 – jan/2016 até dez/2016; Ano 4 – jan/2017 até dez/2017.

Tabela 10. Custos relacionados à manutenção da transposição do banco de sementes do solo como técnica para recuperação de mata ciliar às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

VARIÁVEIS	UNIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	Ano 1 – Ano 4*	
			QUANTIDADE	TOTAL (R\$)
A. Operações mecanizadas (trator)				
Roçada	Hora-trator	32,40	17,5	567,00
B. Operações semimecanizadas (roçadeira)				
Roçada	Hora-roçadeira	14,00	48,5	679,00
C. Operações manuais				
Capinas (enxada)	Hora-homem	10,00	7	70,00
Total (0,2 ha)				1316,00
Total (ha)				6527,70

* Ano 1 – fev/2014 até dez/2014; Ano 2 – jan/2015 até dez/2015; Ano 3 – jan/2016 até dez/2016; Ano 4 – jan/2017 até dez/2017.

Tabela 11. Custos relacionados à manutenção do isolamento da área como técnica para recuperação de mata ciliar às margens do Rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

VARIÁVEIS	UNIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	Ano 1 – Ano 4*	
			QUANTIDADE	TOTAL (R\$)
A. Operações mecanizadas (trator)				
Roçada	Hora-trator	32,40	13	421,2
B. Operações semimecanizadas (roçadeira)				
Roçada	Hora-roçadeira	14,00	48	672,00
Total (2016 m²)				1093,20
Total (ha)				5421,62

* Ano 1 – fev/2014 até dez/2014; Ano 2 – jan/2015 até dez/2015; Ano 3 – jan/2016 até dez/2016; Ano 4 – jan/2017 até dez/2017.

As iniciativas de restauração florestal a partir do plantio de mudas em sistema convencional ou consorciadas com espécies agrícolas, bem como a partir das técnicas embasadas na regeneração natural (isolamento da área e nucleação), apresentam como um dos maiores desafios os custos de implantação e manutenção, inerentes à técnica de manejo, às práticas de conservação do solo, ao uso de corretivo, aos fertilizantes e outros insumos, à necessidade de irrigação, às operações de correção, ao preparo e plantio, à quantidade de mudas utilizadas e ao custo de manutenção (roçadas, capinas, manutenção dos aceiros). Segundo Resende e Leles et al. (2017), um fator determinante para o custo de implantação e manutenção é o controle de plantas daninhas, principalmente gramíneas exóticas, como na área do presente estudo. Para esses autores, o custo médio por hectare, no primeiro ano de implantação, é de R\$ 10.000,00, considerando o plantio convencional de espécies arbóreas, o que praticamente inviabiliza a restauração por pequenos produtores rurais.

Durante a implantação, os custos envolvendo as operações de limpeza e isolamento da área, combate às formigas cortadeiras, preparo do solo, abertura de covas, adubação, plantio, replantio e outras operações específicas para cada técnica de manejo, foram responsáveis pelo elevado custo inicial. A partir do primeiro ano, foi possível observar a redução dos custos envolvendo as operações de manutenção em cada um dos quatro sistemas e as operações de cultivo das espécies agrícolas no sistema Taungya. Os custos totais, aos quatro anos após a implantação dos tratamentos, podem ser observados na Figura 53.

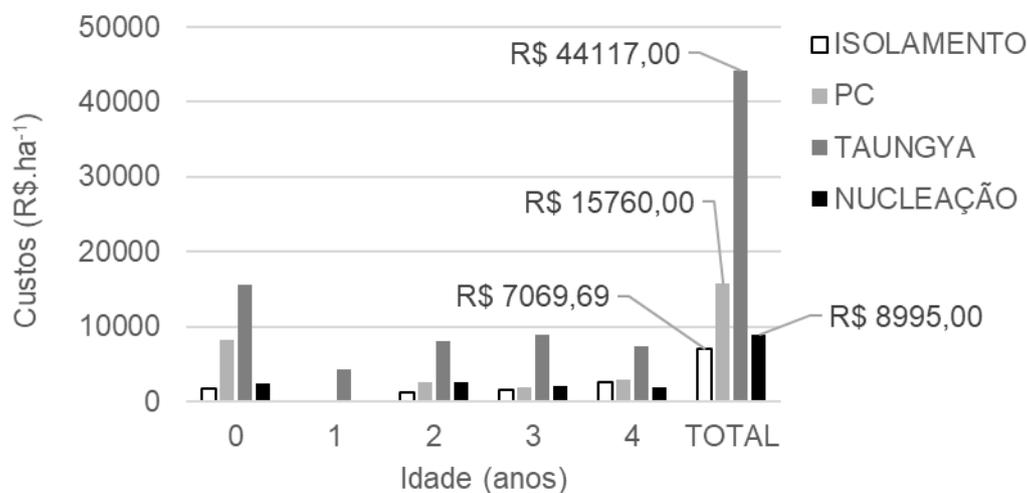


Figura 53. Custos envolvendo as operações de implantação e manutenção de quatro sistemas de manejo (isolamento, plantio convencional – PC, taungya e nucleação) propostos para revegetação de mata ciliar degradada às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

Ano 0 – Abril/2013 até jan/2014; Ano 1 – fev/2014 até dez/2014; Ano 2 – jan/2015 até dez/2015; Ano 3 – jan/2016 até dez/2016; Ano 4 – jan/2017 até dez/2017; Total – Custos totais por hectare de todo o ciclo experimental.

Para a recuperação em andamento, as operações envolvendo o controle do Capim-colonião e outras gramíneas invasoras, durante todo o ciclo experimental (abril/2013 até dezembro/2017), representaram aproximadamente 14% dos custos envolvendo todas as etapas de implantação e manutenção do sistema Taungya, sem considerar as capinas realizadas para o cultivo das espécies agrícolas, que indiretamente contribuíram para controle da gramínea invasora. Para o plantio convencional, a limpeza das linhas e entre linhas das espécies florestais, buscando o controle das gramíneas invasoras, representou 30% dos custos totais. As técnicas fundamentadas nos processos de sucessão natural (Isolamento e Nucleação) apresentaram os menores custos (Tabelas 8 e 9), relacionados, principalmente ao controle das gramíneas exóticas, indesejáveis ao sistema.

Segundo Resende e Leles (2017), até o terceiro ano após o início da recuperação de áreas degradadas, os custos pelo plantio de mudas são consideravelmente elevados, podendo variar de acordo com as condições de cada área a ser recuperada, do relevo e do manejo adotado no controle das plantas daninhas. Estudando o assunto, Mantoani et al. (2016) concluíram que o custo econômico final do controle de *Megathyrus maximus* em um reflorestamento, 20 anos após sua implantação, pelo método mecânico (roçadeiras costais) foi 34,1% maior do que o custo envolvendo a roçagem inicial seguida da aplicação de herbicida. Neste estudo, os autores também observaram que no tratamento com o uso exclusivo de roçadeiras costais foi necessária uma intervenção a mais do que o tratamento com aplicação de herbicida. Outros trabalhos também demonstraram que nos três primeiros anos após o plantio, o controle das plantas daninhas responde por grande parte dos custos relacionados à restauração florestal, com valores que podem variar de R\$ 3300,00 a R\$ 15000,00 por hectare (Santos et al., 2012; Leles et al., 2015; Cava et al., 2016, Santos, 2016).

Os sistemas agroflorestais, por exigirem mão de obra e insumos na operação de plantio podem apresentar custos mais elevados quando comparados às demais técnicas utilizadas na restauração de ecossistemas degradados (Oliveira, 2014). No entanto, o seu potencial está na possibilidade de cultivo de espécies agrícolas em consórcio com espécies arbóreas nativas, fazendo da recuperação uma atividade mais atrativa para o produtor rural, pela possibilidade de gerar renda a partir de produtos agrícolas e/ou pelo controle de plantas daninhas (Leles et al., 2017), bem como pelo emprego da mão de obra familiar, que segundo Arco-Verde (2008), representa uma grande oportunidade para redução dos custos de implantação e manutenção desses sistemas.

Daronco et al. (2012) estudaram o efeito do consórcio das espécies nativas plantadas em espaçamento 3 m x 2 m com uma linha de mandioca (*Manihot sculenta* Crantz), em Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa, no município de Cândido Mota, SP. Nesse estudo, os autores acreditam que “o impacto econômico do tratamento de consorciação foi positivo, pois os custos com a implantação do reflorestamento consorciado foram parcialmente abatidos com a receita gerada pela exploração da

mandioca. A receita obtida com uma safra de cultivo correspondeu a 32% do custo total do sistema consorciado e fez com que o custo total da restauração fosse diminuído em 19%, quando comparado com o reflorestamento convencional”. Em estudo semelhante, Oliveira et al. (2016) avaliando um consórcio de espécies nativas da mata atlântica com milho e feijão para recuperação de mata ciliar na região noroeste fluminense concluíram que a receita obtida a partir da produção agrícola, no primeiro ano, representou 13% do custo total de implantação do projeto de reflorestamento.

A receita média obtida com o cultivo das espécies agrícolas nos primeiros nove meses após a implantação do sistema consorciado (ano 0), foi de R\$ 2.077,42 por hectare (Oliveira et al., 2016). A partir do primeiro ano (Ano 1), a produção da mandioca foi muito afetada pela falta de chuva durante praticamente todo seu ciclo e também devido ao ataque dos tatus (*Dasypus* sp.) abundantes na região. Estes animais reviravam o solo para comer a raiz, o que levava muitas plantas à morte. Por estes motivos, o número de plantas por hectare foi reduzido de 5700, para 2980 plantas por hectare. Do total de plantas colhidas ao final do experimento, 1225 plantas apresentavam alguma característica que remetia ao ataque de *Dasypus* sp. (Figura 54).

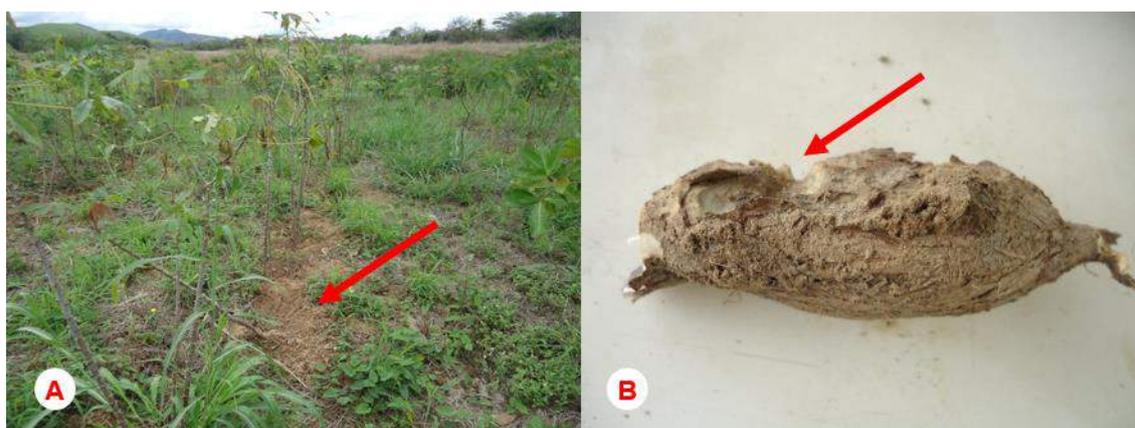


Figura 54. (A) Detalhe do revolvimento do solo provocado pelo Tatu (*Dasypus* sp.) (B) Detalhe do ataque dessa mesma espécie na raiz da mandioca, em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, município de Itaocara, RJ.

Diante dessas condições a produção da *Manihot esculenta* (Mandioca) pode ser apresentada em dois cenários, considerando a produção real obtida (cenário 1) e a produção obtida a partir de uma amostragem de 80 plantas que não sofreram o ataque dos tatus no sistema Taungya, em uma área de 2016 m² (cenário 2). No cenário 1, a produção total obtida foi de aproximadamente 2580 kg por hectare. Dessa produção, 1742 kg foram classificados dentro do padrão exigido pelo mercado consumidor, podendo ser comercializados a R\$ 33,00 a caixa de 20 Kg (Ceasa/RJ, 2017). Sendo assim, no cenário 1, a receita obtida com a comercialização da mandioca foi de R\$ 2874,00 por hectare. No cenário 2, a produção média por hectare, obtida a partir da amostragem das 80 plantas foi de 5654,7 kg. Deste total, 3867 kg foram classificados dentro do padrão comercial. Diante dos dados obtidos a partir do cenário 2, a comercialização da raiz dentro do padrão comercial poderia fornecer uma receita de R\$ 6380,55 por hectare, caso o cultivo em consórcio não fosse prejudicado pela falta de chuvas e o ataque *Dasypus* sp.

Outro aspecto importante em relação ao cultivo da *Manihot esculenta*, como também de outros produtos agrícolas, é sua comercialização para a merenda escolar, que agrega valor ao produto e fornece uma renda melhor aos produtores rurais. Para conseguir uma merenda escolar mais saudável o Governo Federal instituiu uma série de diretrizes para alimentação ofertada na rede de ensino do país. Entre os critérios estabelecidos pela Lei 11.947 de 16 de junho de 2009, está o percentual mínimo de 30% dos recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) para a compra de alimentos produzidos pelos agricultores familiares, por meio do Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae). A aquisição dos alimentos da agricultura familiar para a alimentação escolar pode ser realizada dispensando-se o processo de licitação, desde que os preços sejam compatíveis com os vigentes no mercado local (Brasil, 2009).

Segundo informações do portal da transparência do município de Itaocara-RJ (Itaocara, 2017), o valor pago pelo quilo da mandioca utilizada na merenda escolar foi de R\$ 3,00. Diante desse panorama, com a comercialização dessa raiz para o programa em questão foi possível obter uma receita de R\$ 5226,00 no cenário 1 e de R\$ 11600,00 no cenário 2.

O quarto ciclo de cultivo entre espécies arbóreas e agrícolas no sistema Taungya, contou com a produção da *Capsicum chinense* (Pimenta-biquinho), com um estande de 1428 plantas por hectare na ocasião do plantio e 1046 plantas por hectare no final do ciclo. A partir deste estande foi possível obter uma produção de 160 kg de Pimenta biquinho por hectare, com uma receita de R\$ 3200,00 por hectare, considerando um preço médio de R\$ 20,00/kg obtidos a partir da média praticada no mercado local.

Diante dos resultados obtidos com o cultivo das espécies agrícolas (Mandioca e Pimenta biquinho) no sistema Taungya, foi possível obter uma receita total de R\$ 6074,00 no cenário 1 e R\$ 9580,55 no cenário 2, considerando a venda direta para o mercado consumidor. Renda que, somada à receita obtida nos primeiros nove meses de implantação do sistema Taungya (R\$ 2077,00 por hectare) seria suficiente para amortizar os custos de implantação e manutenção, durante quatro anos, em 18%, considerando as perdas da raiz promovida pelo ataque de tatu ou 26% para a produtividade obtida a partir da amostras das 80 plantas não atacadas.

Por outro lado, considerando a comercialização da raiz para a merenda escolar, a receita total obtida foi de R\$ 8426,00 (cenário 1) e R\$ 14800,00 (cenário 2), que somadas à receita obtida durante os nove primeiros meses (R\$ 2077,00 por hectare), poderia contribuir para a amortização do custo total de implantação do sistema Taungya, durante quatro anos, em 23% e 38%, nos cenários 1 e 2, respectivamente. Em outros trabalhos, envolvendo a consórciação entre espécies arbóreas e agrícolas (Sistema Taungya), a amortização dos custos de implantação e manutenção desse sistema variou de 19% até 32% (Daronco et al. 2012; Medeiros et al., 2015).

Segundo César et al. (2013), o cultivo de espécies agrícolas nas entre linhas dos sistemas consórciados não deverá atingir os padrões de produtividade obtidos com o cultivo em monocultura. No entanto, esses autores sugerem que, se a recuperação de áreas degradadas apresentar como um dos seus objetivos a geração de renda, a partir do cultivo nas entre linhas, é importante priorizar as o manejo da cultura agrícola escolhida e ao mesmo tempo adaptar o manejo das espécies florestais.

O uso de sistemas consórciados, aliados à recuperação de áreas degradadas favorece o incremento da renda de produtores rurais em curto,

médio e longo prazos. Segundo Radomski et al. (2014), integram conceitos de produção diversificada, incluindo a produção florestal, com seus respectivos produtos madeiráveis e não madeiráveis, aliado ao plantio de espécies tradicionalmente cultivadas pelos agricultores, com os conceitos de restauração e conservação ambiental”. Dentre os produtos não madeiráveis presentes no presente estudo, destacam-se a produção de pimenta rosa (sementes de *Schinus terebinthifolius*), a produção de frutos de Caju (*Anacardium occidentale*), que apesar de ter apresentado bom potencial produtivo na área do presente estudo não foi contabilizada. No que se refere à pimenta rosa, com a colheita e a limpeza das sementes (retirada de galhos e folhas), foi possível obter uma produção de 179 kg por hectare, sem nenhum manejo específico para fins de produção da espécie. Segundo Incaper (2016), o preço do quilo da pimenta rosa no estado do Espírito Santo, em 2017 variou de acordo com a qualidade da safra de R\$ 5,00 a R\$ 7,00. O preço da exportação, aproximadamente 13 dólares por quilo. Estados Unidos, Holanda, Alemanha, Itália e França são os principais países importadores da pimenta rosa brasileira, confirmando o grande potencial de mercado para exploração sustentável da espécie *Schinus terebinthifolius*. Diante de um mercado em crescimento muito se tem investido no cultivo dessa espécie, visando principalmente maiores possibilidades para a geração de renda. O município de São Mateus – ES é o maior produtor e exportador de Pimenta rosa do mundo desde 2012.

O uso de sistemas consórciados, para a recuperação de ecossistemas degradados, permite a exploração de todos os seus componentes. Sendo assim, quando admitidos a comercialização dos frutos da espécies *Schinus terebinthifolius*, com base na produção obtida no sistema taungya e no preço do produto praticado em 2017, no município de São Mateus – ES, a amortização dos custos de implantação e manutenção do sistema consórciado, durante quatro anos, podem chegar a 41%, com potencial para ser ainda maior caso a espécie em questão seja manejada para fins de maior produção.

Assim como a *Schinus terebinthifolius*, diferentes espécies frutíferas podem ser utilizadas na recuperação de áreas degradadas, principalmente em pequenas propriedades rurais, seja em sistemas convencionais ou consórciados. Essas espécies são capazes de promover a recuperação dessas

áreas, fomentar uma produção mais diversa, rentável e proporcionar alimento e atração da fauna silvestre, responsável por trazer propágulos da vegetação adjacente para a área florestal em recuperação em particular para as pequenas propriedades rurais (Coradin et al., 2011; Radomski et al., 2014).

6.9. Avaliação da recuperação

Segundo Bechara et al. (2016), a escolha do método mais adequado para cada situação depende dentre outros fatores das características de cada sítio, por isso é tão importante avaliar o estado inicial de degradação, o potencial de regeneração de cada ambiente, traçar os resultados desejados, inferir o tempo necessário para que a restauração ocorra e analisar as restrições financeiras.

Ao mesmo tempo, é importante destacar que a definição da técnica mais indicada também depende dos objetivos a serem alcançados com a recuperação de um ecossistema degradado. Sendo assim, a utilização da técnica inadequada, bem como a realização de intervenções desnecessárias, a depender do potencial de regeneração de cada sítio, podem sobrecarregar a capacidade de recuperação inerente ao ecossistema, desviando a sua trajetória de recuperação em direção a um estado indesejável, onde a diversidade funcional e estrutural é reduzida (Bechara et al., 2016).

Ao longo dos quatro anos foi possível observar uma mudança na vegetação presente na área em recuperação, principalmente no que se refere às espécies herbáceas. A ocupação da área pelo Capim-colonião deu lugar a muitos indivíduos de folha larga (trepadeiras e lianas), que também estão saindo do sistema, devido ao sombreamento proporcionado pelas espécies arbóreas.

Diferentes fatores são responsáveis pela degradação das matas ciliares às margens do rio Paraíba do Sul, entre os quais se destaca a ocorrência do fogo, prejudicial ao banco de sementes do solo, à chuva de sementes e à fauna nativa da região, responsável pela dispersão das sementes das espécies florestais arbóreas. Na área do presente estudo um importante fragmento florestal com aproximadamente 60 hectares, poderia contribuir com a regeneração natural das áreas em seu entorno, mas não cumpre seu papel,

uma vez que se encontra isolado e sofre com ações antrópicas, como a incidência recorrente de queimadas. A última e mais importante ocorreu no dia 25 de outubro de 2017 (Figura 55).



Figura 55. Ocorrência de queimada no fragmento florestal com espécies arbóreas nativas presente no campo experimental da UENF, na região Noroeste Fluminense, município de Itaocara, RJ.

Dentre os quatro sistemas de manejo avaliados na área do presente estudo, o Isolamento da área apresentou o menor custo de implantação e manutenção (Tabela 11). Por outro lado, a regeneração natural (Tabela 7), foi baixa quando comparada aos resultados obtidos em diferentes estudos (Dan et al., 2010; Suganuma e Durigan, 2014; Oliveira et al., 2015;). No que se refere à regeneração natural, o isolamento de uma determinada área dos fatores de perturbação é o primeiro recurso a ser adotado para sua restauração (Rodrigues e Gandolfi, 2004; Martins, 2013). Fatores como a oferta de propágulos, banco de sementes do solo, histórico de uso da área, presença de dispersores, exposição do relevo, condicionamento do substrato e presença de espécies problemáticas, devem se fazer presentes, para promover o sucesso da regeneração natural. Sendo assim, foi possível observar na área do presente estudo diferentes condições que não favoreceram a entrada de novas espécies a partir da regeneração, dentre as quais foram destaque a presença de

espécies problemas (gramíneas exóticas) e a reduzida chuva de sementes, devido ao número reduzido de fragmentos florestais próximos à área em recuperação.

A avaliação deste sistema por meio da metodologia de monitoramento proposta pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente (Inea), com adaptações para a área do presente estudo, segue descrita na Tabela 12.

Tabela 12. Avaliação do Isolamento da área como técnica de revegetação de mata ciliar degradada às margens do rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

Parâmetros indicadores	Crítico = 0	Mínimo = 0,65	Adequado = 1	Resultados do monitoramento	Nota
Densidade (n° ind./ha)	< 1111	≥ 1111 < 1250	≥ 1250	188	0
Ind. Zoocóricos (%)	< 40	≥ 40 < 60	≥ 60	97,4	1
Cobertura de copa (%)	< 50	≥ 50 < 70	≥ 70	12,43	0
Equidade J'	< 0,6	≥ 0,6 < 0,8	≥ 0,8	1,13304508	1
Riqueza S'	< 10	≥ 10 < 20	≥ 20	10	0,65
Altura média (m)	< 2	≥ 2 < 3	> 3	2,297631579	0,65
Infestação de gramíneas (%)	> 30	> 20 < 30	< 20	70	0
Conceito final*				4,71	

***Conceito final > 8,0 = satisfatório; < 8,0 = insuficiente**

* a avaliação considerou as espécies que entraram no sistema a partir da regeneração natural.

* Monitoramento realizado com base na metodologia proposta pelo Inea e na resolução Inea nº 143 de 14 de junho de 2017.

Disponível em: <https://www.restauracaoflorestalrj.org/restauracao-metodologia>

O plantio convencional de espécies arbóreas é uma das técnicas mais utilizadas na recuperação de áreas degradadas, no intuito de se obter rápida recuperação. Entretanto, esse objetivo pode induzir à seleção de espécies que não sejam adaptadas às condições da área a ser recuperada.

No presente estudo, a disposição das espécies, tanto no Plantio Convencional, quanto no sistema Taungya, não foi a mesma em todas as parcelas experimentais por falta de disponibilidade de mudas na época da implantação do experimento. Buscou-se assim, garantir a distribuição entre espécies pioneiras e não pioneiras, a partir do modelo sucessional em linhas, como descrito na Figura 8.

O uso de determinadas espécies que não se adaptaram às condições da área, como a Leiteira (*Tabernaemontana hystrix*), prejudicou por exemplo a cobertura do solo. Segundo Resende e Leles et al. (2017), a recuperação de áreas degradadas tem como principal objetivo restabelecer inicialmente as principais funções ecológicas que as árvores desempenham na formação de uma floresta, ou seja, o aumento da cobertura do solo, evitando dentre outros fatores, a ocupação da área por gramíneas exóticas e, ao mesmo tempo, favorecer a produção de alimentos e oferta de abrigo para a fauna. Para Almeida (2016), a cobertura do solo pela copa das espécies arbóreas tem relação direta com a redução do custo financeiro da recuperação de área degradadas, uma vez que as plantas, normalmente competidoras, vão desaparecer mais rápido do ecossistema, que ganha mais rapidamente forma e característica florestal.

Com base na metodologia proposta pelo Inea, com adaptações para a área do presente estudo, segue descrita na Tabela 13 a avaliação do PC aos quatro anos.

Tabela 13. Avaliação do Plantio Convencional como técnica de revegetação de mata ciliar degradada às margens do rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

Parâmetros indicadores	Crítico = 0	Mínimo = 0,65	Adequado = 1	Resultados do monitoramento	Nota
Densidade (n° ind./ha)	< 1111	≥ 1111 < 1250	≥ 1250	787	0
Ind. Zoocóricos (%)	< 40	≥ 40 < 60	> 60	78,9	1
Cobertura de copa (%)	< 50	≥ 50 < 70	≥ 70	65	0,65
Equidade J'	< 0,6	≥ 0,6 < 0,8	≥ 0,8	1,8	1
Riqueza S'	< 10	≥ 10 < 20	≥ 20	12	0,65
Altura média (m)	< 2	≥ 2 < 3	≥ 3	3	1
Infestação de gramíneas (%)	> 30	> 20 < 30	< 20	25	0,65
Conceito final*				7,07	

*Conceito final > 8,0 = satisfatório; < 8,0 = insuficiente

* a avaliação considerou as espécies utilizadas no plantio e também as espécies que entraram no sistema a partir da regeneração natural.

* Monitoramento realizado com base na metodologia proposta pelo Inea e na resolução Inea nº 143 de 14 de junho de 2017.

Disponível em: <https://www.restauracaoflorestalrj.org/restauracao-metodologia>

Os sistemas agroflorestais, como metodologia para recuperação de áreas degradadas, contam com o plantio de espécie arbóreas em consórcio com espécies agrícolas. O uso desses sistemas está previsto na legislação que trata de recuperação de áreas de preservação permanente. Porém, como todos os sistemas consorciados, necessita de um bom planejamento e ordenamento do solo, buscando evitar, principalmente, interações negativas entre o componente florestal e as espécies agrícolas.

Segundo Leles et al. (2017), os sistemas agroflorestais são pouco usados na recuperação de áreas degradadas. Primeiro, por uma questão cultural de técnicos e produtores, ou seja, não há cultura de misturar sistemas produtivos distintos. Segundo, por uma questão técnica, uma vez que se faz necessário mais conhecimentos sobre o consórcio das espécies agrícolas e florestais (espaçamento, implantação, tratos culturais, colheita e comercialização). Estes autores também afirmam que é necessário um bom planejamento, a fim de evitar interações negativas entre os componentes desse sistema. Sendo assim, é preciso ter, na área a ser trabalhada, condições adequadas para uma boa produtividade das espécies agrícolas, sem causar prejuízos ao manejo das espécies florestais.

Segundo Viana et al. (2010), as espécies agrícolas devem apresentar boa adaptação quando inseridas em conjunto com o componente arbóreo, apresentando boa adaptação aos níveis de luz e espaço, que tendem a reduzir com a evolução do sistema, como também ao solo e suas condições químicas e físicas.

No presente estudo, até o terceiro ano após a implantação do sistema Taungya, o cultivo das espécies agrícolas nas entre linhas (feijão, milho e feijão, mandioca e Pimenta biquinho), apresentaram boa produtividade. Segundo Daronco et al. (2012), a mandioca apresenta grande potencial para o cultivo na entre linha das espécies florestais, podendo também proporcionar certo nível de sombreamento às espécies nativas, conforme a época de plantio, favorecendo, principalmente, as espécies tardias. Por outro lado, o plantio dessa espécie deve ser trabalhado no mínimo a 1,0 m das espécies florestais, para que a colheita da mandioca não danifique o sistema radicular das mesmas. Na área em recuperação, apesar do prejuízo ao cultivo dessa raiz, causado pelo ataque de tatus e pela falta de chuvas durante o seu ciclo, a

mandioca representa uma espécie agrícola com grande potencial, uma vez que seu cultivo é muito difundido entre os produtores da região.

A pimenta biquinho também apresentou boa adaptação ao cultivo consorciado até o terceiro ano de implantação do sistema, quando as condições de luz dentro do sistema permitiram boa produção para essa espécie agrícola. Neste ciclo, o plantio de pimenta contou com um espaçamento de 2 m entre plantas, com uma linha de plantio na entre linha das espécies florestais. No entanto, para fins de maior produção, em experimentos futuros, este plantio pode ser mais adensado, com espaçamentos que variem de 0,8 a 1 m entre plantas.

Por outro lado, quando o sistema taungya promoveu maior cobertura do solo pela copa das espécies arbóreas, bem como maior competição das raízes por água e nutrientes, as espécies agrícolas (Pimenta biquinho e Pimenta malagueta), cultivadas a partir do quarto ano, não apresentaram bom desempenho. Nestas condições foram observadas elevada mortalidade do componente agrícola e baixa produtividade. O Cultivo das pimentas biquinho (segundo ciclo) e malagueta foi responsável por aumentar o custo do sistema taungya, principalmente pela aquisição e produção das mudas, instalação de um sistema de irrigação por gotejamento e aquisição de adubos. Este resultado reafirma a importância da consorciação até o fechamento do dossel proporcionado pelas espécies arbóreas e também do manejo correto adotado para cada espécie e a escolha de espécies adaptadas às condições do consórcio. Em estudo sobre o assunto, outros trabalhos também reafirmam a importância do cultivo na entrelinha dos sistemas consorciados até o fechamento do dossel para evitar, principalmente, a competição entre as espécies do sistema e falta de luz para as espécies agrícolas (Júnior et al., 2011; Araújo, et al., 2015).

A avaliação deste sistema por meio da metodologia de monitoramento proposta pelo Inea, com adaptações para a área do presente estudo, segue descrita na Tabela 14.

Tabela 14. Avaliação do Sistema Taungya como técnica de revegetação de mata ciliar degradada às margens do rio Paraíba do Sul, no município de

Parâmetros indicadores	Crítico = 0	Mínimo = 0,65	Adequado = 1	Resultados do monitoramento	Nota
Densidade/arbóreos (n° ind./ha)	< 500	≥ 500 < 600	≥ 600	820	1
Ind. Zoocóricos (%)	< 40	≥ 40 < 60	≥ 60	66,8	1
Cobertura de copa (%)	< 60	≥ 60 < 80	≥ 80	92	1
Equidade J'	< 0,6	≥ 0,6 < 0,8	≥ 0,8	1	1
Riqueza espécies nativas S'	< 15	≥ 15 < 20	≥ 20	11	0
Riqueza espécies agrícolas	< 1	≥ 2 < 5	≥ 5	5	1
Espécies exóticas arbóreas	> 50	≤ 50 > 20	≤ 20	0	1
Altura média (m)	< 2	≥ 2 < 3	≥ 3	3,3	1
Infestação de gramíneas (%)	≥ 30	> 20 < 30	< 20	17,5	1
Conceito final*			8,89		

***Conceito final > 8,0 = satisfatório; < 8,0 = insuficiente**

* a avaliação considerou as espécies utilizadas no plantio e também as espécies que entraram no sistema a partir da regeneração natural.

* Monitoramento realizado com base na metodologia proposta pelo Inea e na resolução Inea nº 143 de 14 de junho de 2017.

Disponível em: <https://www.restauracaoflorestalrj.org/restauracao-metodologia>

Aos quatro anos após a implantação dos modelos propostos, foram amostrados 115 indivíduos no levantamento realizado dentro de cada um dos núcleos formados a partir da transposição do banco de sementes do solo. Estes, foram identificados em nível de espécie (6 espécies) e classificados em 6 famílias botânicas (Tabela 15). Vale destacar que foi observado um aumento na área de cada um dos núcleos formados a partir da transposição do banco de sementes do solo, devido principalmente à introdução de novos indivíduos, introduzidos a partir da dispersão de sementes das primeiras espécies arbóreas germinadas da transposição do banco de sementes do solo. Em algumas parcelas observou-se a perda de alguns núcleos invadidos e abafados pela competição proporcionada pelas espécies de gramíneas invasoras. Dos doze núcleos formados pela transposição em abril de 2013, nove permanecem na área. Juntos somam área de 223 m²

Tabela 15. Número de indivíduos arbustivos e arbóreas amostrados em nove núcleos formados pela transposição do banco de sementes do solo com a listagem das famílias botânicas, nomes científicos e nomes populares das espécies. Síndromes de dispersão (SD): Anemocoria (An); Autocoria (Au); Zoocoria (zoo), (Ba) Barocoria. Grupo ecológico (GE): Pioneira (Pi); Não Pioneira (NP); Número de indivíduos amostrados (N).

T4 – Transposição do banco de sementes do solo *		SD	N
Anacardiaceae			
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeira	Zoo	Pi 1
Asteraceae			
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Alecrim	Zoo	Pi 10
Fabaceae			
<i>Peltophorum dubium</i>	Canafístula	An/Au	Pi 78
Piperaceae			
<i>Piper sp.</i>	Jaborandi	Zoo	Pi 1
Solanaceae			
<i>Solanum leucodendron</i>	Pau-de-mercúrio	Zoo	Pi 17
Ulmaceae			
<i>Trema micrantha</i>	Crindiúva	Au/Zoo	Pi 8

* N = número total de indivíduos amostrados em nove núcleos formados a partir da transposição do banco de sementes do solo. Área total formada pelos núcleos = 223 m².

Com base nos resultados obtidos a partir da avaliação da regeneração (Tabela 7), como também da avaliação das espécies introduzidas com a transposição do banco de sementes solo, foi possível observar a importância dessa técnica em relação ao aumento da diversidade de espécies dentro de projetos de recuperação de áreas degradadas. Sendo assim, a técnica em questão, avaliada em diferentes estudos, tem se mostrado uma estratégia eficaz para recuperação de áreas degradadas (Bechara et al., 2016; Piaia, et al., 2017; Martins et al., 2017). Esta técnica proporcionou, em alguns meses após sua instalação, o estabelecimento de plantas, que até então não ocorriam

na área em recuperação, principalmente devido à forte ocupação da mesma por gramíneas exóticas invasoras.

A cobertura vegetal proporcionada pela copa das espécies arbóreas presentes em cada núcleo aumentou ao longo do tempo, promovendo maior cobertura do solo, em função do crescimento das plantas e também devido à produção e dispersão de sementes dentro da área em recuperação. Conseqüentemente, foi possível observar, nas parcelas deste tratamento, redução da cobertura do solo imposta pelo capim-colonião.

Segundo Corbin e Holl (2012), as técnicas nucleadoras são consideradas promissoras, principalmente por iniciar ou facilitar os processos de sucessão natural em diversas situações ambientais. Na área do presente estudo, a transposição do banco de sementes do solo também se mostrou eficiente na formação de núcleos facilitadores, devido ao número de plantas introduzidas, dentre as quais se destacam a *Peltophorum dubium*, *Solanum leucodendron*, *Baccharis dracunculifolia* e *Trema micranta*. Consideradas espécies pioneiras e por apresentarem rápido crescimento e rusticidade, são comumente encontradas colonizando pastagens, ocupando clareiras e bordas de matas, sendo também utilizadas para a composição de reflorestamentos mistos de áreas degradadas de preservação permanente. E também apresentam elevada produção de sementes, muitas vezes fonte de alimentos para a avifauna, agentes dispersos das sementes de diferentes espécies arbóreas (Davide e Botelho, 2015; Rech et al., 2015; Simão et al., 2017).

Assim como em outros trabalhos (Calegari, et al., 2013; Martins et al., 2017; Miranda Neto et al., 2017) o banco de sementes do solo utilizado na transposição, como técnica nucleadora, mostrou-se rico em espécies pioneiras. Segundo Miranda Neto et al. (2017), a predominância de espécies pioneiras, que apresentam rápido crescimento a pleno sol, é um indicador de resiliência a perturbações naturais ou antrópicas.

Diante dos resultados apresentados até o momento, segue descrita na Tabela 16, a avaliação deste sistema por meio da metodologia de monitoramento proposta pela Inea, com adaptações para a área do presente estudo.

Tabela 16. Avaliação da Transposição do banco de sementes do solo como técnica de revegetação de mata ciliar degradada às margens do rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ

Parâmetros indicadores	Crítico = 0	Mínimo = 0,65	Adequado = 1	Resultados do monitoramento	Nota
Densidade (n° ind./ha)	< 1111	≥ 1111 < 1250	≥ 1250	783,7	0
Ind. Zoocóricos (%)	< 40	≥ 40 < 60	≥ 60	48,7	0,65
Cobertura de copa (%)	< 50	≥ 50 < 70	≥ 70	23,25	0
Equidade J'	< 0,6	≥ 0,6 < 0,8	≥ 0,8	1,06	1
Riqueza S'	< 10	≥ 10 < 20	≥ 20	13	0,65
Altura média (m)	< 2	≥ 2 < 3	> 3	2,38	0,65
Infestação de gramíneas (%)	≥ 30	> 20 < 30	< 20	37,5	0
Conceito final*				4,21	

***Conceito final > 8,0 = satisfatório; < 8,0 = insuficiente**

* na avaliação foram consideradas as espécies que entraram no sistema a partir da regeneração natural e a partir da transposição do banco de sementes do solo.

* Monitoramento realizado com base na metodologia proposta pelo Inea e na resolução Inea nº 143 de 14 de junho de 2017.

Disponível em: <https://www.restauracaoflorestalrj.org/restauracao-metodologia>

Segundo Brancalion et al. (2012) é por meio da avaliação que é possível inferir se o projeto de recuperação alcançou os objetivos e as hipóteses previamente definidos no planejamento. Estes mesmos autores entendem por avaliação a apreciação ou a análise pontual de indicadores ou variáveis ambientais ou populacionais da área em recuperação. Na área do presente estudo os indicadores utilizados foram: mortalidade, distribuição ordenada das mudas no campo a partir de grupos de plantio, análises químicas, físicas e microbiológicas do solo, chuva de sementes, regeneração natural, bem como os indicadores propostos pela metodologia de avaliação do Instituto Estadual do Ambiente (Inea, 2017).

Sendo assim a representação gráfica da nota obtida para cada critério avaliado, dentro de cada sistema, com base na metodologia proposta pelo Inea, encontra-se no gráfico da Figura 56. A metodologia agrega indicadores de dimensões previamente escolhidas em um gráfico tipo radar. Os indicadores

são transformados em índices de valores entre “0” e “1”, sendo “0” a pior situação e o “1” a melhor, padronizando indicadores com unidades diferentes.

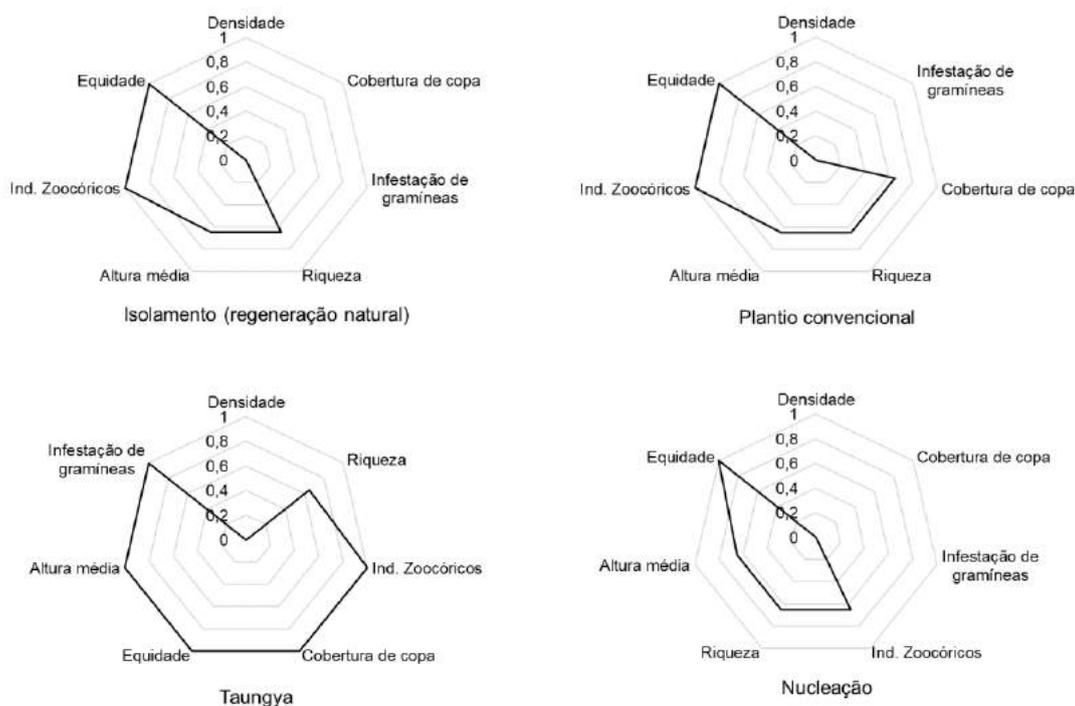


Figura 56. Gráfico tipo radar demonstrando o desempenho dos sistemas propostos para revegetação de mata ciliar degradada às margens do rio Paraíba do Sul, com base nos critérios densidade (n° ind./ha), Ind. Zoocóricos (%), cobertura de copa (%), equidade J' , riqueza S' , altura média (m), infestação de gramíneas (%).

Dentre os sistemas avaliados, o sistema taungya apresentou os melhores resultados para a maioria dos indicadores avaliados. Assim, o conceito final obtido por este sistema consorciado, é considerado satisfatório. Diante desses resultados é possível afirmar que este sistema, por atender aos critérios do órgão ambiental do estado do Rio de Janeiro (Inea, 2017), se

mostrou mais eficiente no que se refere à recuperação de mata ciliar às margens do Rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense (Tabela 14 e Figura 56).

Dentre os parâmetros avaliados, o sistema consorciado não obteve pontuação para a densidade (Figura 56), uma vez que apresentou um valor menor que 1111 indivíduos por hectare, considerado um nível crítico pelo órgão ambiental (Tabela 14). Esse resultado, considerado crítico, foi observado principalmente devido à baixa regeneração natural presente no sistema taungya e a mortalidade dos indivíduos plantados, que até o quarto ano foi de aproximadamente 30%. Apesar de ter apresentado custo mais elevado considerando a implantação e manutenção por quatro anos, quando comparado aos demais sistemas, o sistema Taungya proporcionou amortização dos custos com receita obtida a partir da comercialização dos produtos agrícolas. Amortização que pode ser ainda melhor para a agricultura familiar, que se refere a toda forma de cultivo da terra e produção rural cuja gestão e mão de obra sejam majoritariamente provenientes do núcleo familiar. A agricultura familiar tem como característica a produção a partir de lotes menores de terra, com uma maior diversidade produtiva, onde a família é, ao mesmo tempo, proprietária, gestora e responsável por toda produção e comercialização (Oliviera, 2014).

Para os demais sistemas (Isolamento da área, Plantio Convencional e Nucleação), os resultados obtidos, apontam para a revisão das ações com vistas ao atingimento dos parâmetros considerados desejáveis, aos quatro anos após a instalação. O conceito final obtido por cada um desses sistemas não é considerado satisfatório, conforme os parâmetros estabelecidos pelo órgão ambiental (Tabelas 12, 13 e 16). De acordo com a figura 56, os parâmetros considerados críticos nos sistemas de Isolamento, Plantio Convencional e Nucleação foram a densidade (nº de indivíduos/ha), a cobertura de copas e a infestação por gramíneas. Então, com o objetivo de adequar esses parâmetros às exigências do órgão ambiental, é importante considerar a execução de um plantio de enriquecimento, em cada um desses sistemas. Este plantio, consiste na introdução de espécies, principalmente dos estádios finais da sucessão ecológica, em áreas com melhores condições do solo já com presença de vegetação nativa, porém com baixa diversidade de

espécies. É uma técnica que deve ser proposta para preencher espaços com falhas da regeneração natural. Visa aumentar a biodiversidade aos níveis naturalmente encontrados no ecossistema de referência. Essa técnica também busca suprimir as espécies indesejáveis que estariam se estabelecendo nestas falhas (Botelho e Davide, et al., 2015).

10. Resumo e Conclusões

Nas últimas décadas, a recuperação de ecossistemas ganhou importância, principalmente devido à necessidade de se adequar os diferentes segmentos (propriedades rurais, empresas públicas e privadas, dentre outras) à legislação ambiental, além de recuperar áreas perturbadas e degradadas. Na região noroeste do estado do Rio Janeiro este cenário é o mesmo, com um grande desafio para a recuperação da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul e suas Matas Ciliares. Ações conjuntas entre os diferentes atores envolvidos nos compromissos e na implantação de novos projetos são consideradas fundamentais na busca pelo sucesso e pela qualidade desses projetos de recuperação. O estudo de diferentes técnicas, como os plantios convencionais, sistemas agroflorestais, nucleação e regeneração natural, para recuperação de ambientes estratégicos para a sociedade, poderão estimular os produtores, viabilizando ações técnicas e economicamente viáveis.

O presente trabalho buscou verificar o potencial de diferentes técnicas de revegetação e avaliar os efeitos destas sobre a recuperação de um trecho degradado de Mata Ciliar às margens do Rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense, após quatro anos da implantação de modelos baseados no plantio de espécies arbóreas em Plantio Convencional e em consórcio com espécies agrícolas (*Taungya*) e em técnicas de regeneração natural (Nucleação e Isolamento da área). Foram avaliados o crescimento das

espécies arbóreas em Plantio Convencional e em consórcio (Sistema Taungya), a qualidade química, física e biológica do solo, em função dos modelos e da capacidade destes em promover a regeneração natural de espécies arbustivas e arbóreas, os custos de implantação e manejo de cada modelo, bem como o retorno econômico dos sistemas consorciados e a amortização dos custos ao longo dos anos. Nas condições em que foram realizados os experimentos, conclui-se que:

- A sobrevivência das espécies florestais aos quatro anos foi superior a 70% e não diferiu entre o Plantio Convencional (PC) e o Sistema Taungya;

- Dentre as espécies avaliadas aos quatro anos após o plantio, as espécies pioneiras Monjolo (*Parapiptadenia rígida*) e Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) apresentaram as maiores médias de altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS), área da copa (AC) e área seccional (g), tanto no plantio convencional quanto no sistema Taungya. Para o grupo ecológico das espécies não pioneiras, as maiores médias foram observadas para o Ingá (*Inga laurina*) e Pau-ferro (*Caesalpinia leiostachya*). As espécies pioneiras e não pioneiras com as menores médias, nos dois sistemas de plantio, foram a Leiteira (*Tabernaemontana hystrix*), Goiaba (*Psidium guajava*) e Pitanga (*Eugenia uniflora*), Araçá (*Psidium acutangulum*), respectivamente;

- Aos quatro anos após o plantio das espécies florestais arbóreas, não houve efeito do consórcio sobre a altura (H), diâmetro a altura do solo (DAS). Entretanto, as espécies arbóreas apresentaram maior área da copa dentro do sistema Taungya, independente do grupo ecológico;

- No terceiro e quarto anos após o plantio das mudas, a altura (H), área da copa (AC) e a cobertura das copas (CobCopa) das espécies pioneiras foram maiores do que das espécies não pioneiras, independente do sistema de plantio (PC e Taungya);

- Aos oitos meses após a implantação do experimento, foi possível observar maior teor de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio, Matéria Orgânica (MO) e maior valor de pH, Soma de Bases (SB), CTC total (T), CTF efetiva (t) e Saturação por Bases (V%) para o sistema Taungya, quando comparado aos sistemas de Isolamento e Nucleação;

- Aos quatro anos após a implantação dos tratamentos, ocorreu maior teor de Magnésio, Cálcio, Fósforo, e maior valor para Soma de Bases, CTC

total e CTC efetiva no sistema Taungya, quando comparado aos demais sistemas. Quando comparamos os resultados obtidos para Fósforo, Potássio, Cálcio, Soma de Bases, CTC total e efetiva, entre as épocas de coleta, para o sistema consorciado, observamos que estes foram mais evidentes em época chuvosa. Ainda é importante destacar que em todos os sistemas ocorreu a tendência de melhorias nas características químicas do solo ao longo dos anos;

- O sistema Taungya resultou em maior densidade aparente do solo que os sistemas de nucleação e o plantio convencional de espécies florestais nativas, sendo mais acentuada nas entrelinhas. No entanto, mesmo diante desse aumento, os valores observados se encontram abaixo do limite considerado como restritivo ao desenvolvimento do sistema radicular, o que não compromete a capacidade produtiva da área;

- O solo sob sistema Taungya, apresentou maior número de bactérias em relação aos sistemas de Nucleação (Transposição do Banco de Sementes do Solo) e Isolamento. Houve aumento no número de bactérias ao longo dos anos, independente do modelo adotado, mais acentuado em período chuvoso, com posterior redução. Não houve diferença no número de bactérias entre os sistemas de Isolamento e Nucleação;

- Na chuva de sementes observou-se grande número de sementes de Capim-colonião (*Urochloa brizantha*). Dentre as espécies arbóreas foram identificadas 11 espécies, pertencentes a oito famílias botânicas;

- Houve redução da massa seca das espécies herbáceas, principalmente o Capim-colonião e Campim-angola na avaliação realizada aos três anos e oito meses após a implantação, em relação à realizada aos oito meses. O sistema Taungya promoveu maior redução na massa seca das plantas daninhas, principalmente por possibilitar maior cobertura do solo, promovida pela copa das espécies arbóreas e por receber diferentes tratamentos culturais relacionados ao cultivo das espécies agrícolas.;

- Aos quatro anos após implantação dos sistemas de manejo, houve menor cobertura do solo nas parcelas do sistema Taungya (17,5%). Por outro lado, o sistema de Isolamento (Regeneração Natural) apresentou maior infestação por gramíneas invasoras (> 70%), destacando-se o Capim-colonião e Campim-angola. Sendo assim, é possível afirmar que o Isolamento da área e o

reduzido número de espécies espontâneas (baixa regeneração natural) não contribuíram significativamente para a redução da cobertura do solo imposta por gramíneas exóticas, indesejáveis ao processo de recuperação;

- Aos quatro anos foram amostrados 85 indivíduos em regeneração natural, distribuídos entre os quatro modelos propostos. Estes, foram identificados em nível de espécie (15 espécies) e classificados em 10 famílias botânicas, em uma área total de 8064 m², com uma densidade de aproximadamente 105 indivíduos/ha. A Nucleação (transposição do banco de sementes do solo) apresentou 213 indivíduos/ha, seguido pelo Isolamento da área (188 indivíduos/ha), Plantio Convencional (14 indivíduos/ha) e Taungya (5 indivíduos/ha);

- O sistema Taungya apresentou custo mais elevado de implantação e manejo por quatro anos, em relação aos demais sistemas, entretanto, proporcionou amortização dos custos em até 38%, com receita obtida a partir da comercialização dos produtos agrícolas;

- Considerando a metodologia proposta pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), o sistema Taungya apresentou conceito satisfatório aos quatro anos. Os demais sistemas, apresentaram conceito insatisfatório no mesmo período, apontando para a necessidade de mais tempo para avaliação, ou revisão das ações de manejo, visando à sua adequação aos parâmetros adotados pelo INEA para considerar finalizados os projetos de recuperação no Estado do Rio de Janeiro. O isolamento da área apresentou o menor custo de implantação e manutenção por quatro anos, com baixa regeneração natural de espécies arbustivas e arbóreas devido, principalmente, à presença de gramíneas exóticas e reduzida chuva de sementes;

- O cultivo das espécies agrícolas nas entre linhas das espécies arbóreas apresentou boa produtividade até o terceiro ano, com o espaçamento adotado. Com o crescimento das espécies arbóreas e cobertura de copa, bem como maior competição das raízes por água e nutrientes, as espécies agrícolas introduzidas (pimenta biquinho e pimenta malagueta) não apresentaram bom desempenho, com elevada mortalidade e baixa produção;

- A nucleação permitiu boa regeneração natural e introdução de espécies pelo banco de sementes, sendo uma técnica promissora e de baixo

custo para o aumento da diversidade de espécies dentro de projetos de recuperação de áreas degradadas.

10. Referências Bibliográficas

- Albuquerque, L. B. (2010) Restauração ecológica de matas ripárias: uma questão de sustentabilidade / Albuquerque, Lidiamar Barbosa et al. – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados.
- Alencar, E. (2014) Bacia do Paraíba do Sul precisa ser restaurada, Disponível em: < <http://oglobo.globo.com/rio/bacia-do-paraiba-do-sul-precisa-ser-estaurada-em-583-mil-hectares-para-cumprir-codigo-florestal-14537306>>. Acesso, 14 set. 2016.
- Almeida, E. M; Campelo Junior, J. H.; Finger, Z. (2010) Determinação do estoque de carbono em teca (*Tectona grandis* L. F.) em diferentes idades. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 559-568.
- Almeida, F. M. (2016) Orientações técnicas para recomposição de mata ciliar para o estado de Mato Grosso do Sul. Dissertação (Mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campos Grande, MS.
- Almeida, R. O. P. O.; Sánchez, L. E. (2005) Recuperação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. *Rev. Árvore*, v.29, n.1, p.47-54.
- Alves, T. S.; Campos, L. L.; Neto, N. E.; Matsuoka, M.; Loureiro, M. F. (2011) Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. *Acta Scientiarum. Agronomy Maringá*, v. 33, n. 2, p. 341-347.
- ANA (2010) Agência Nacional de Águas. Nota Técnica nº045/2010. Brasília, DF: ANA, 2010.

- Arantes, T. B. et al. (2012) Avaliação da regeneração natural como processo de recuperação do entorno de nascente perturbada. *Enciclopédia Biosfera*. 8(14): 1019-1041.
- Araújo, E. F.; Aguiar, A. S.; Barbosa, M. V. R.; Brito, W. C.; Cordeiro, S. A. (2015) Rentabilidade de plantios de Acácia-australiana e de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no Sudoeste do Piauí. *Nativa, Sinop, Pesquisas Agrárias e Ambientais*, v. 03, n. 04, p. 268-275.
- Araújo, F. C.; Santos, R. M.; Coelho, P. A. (2014) O papel do distúrbio na regeneração natural dos ecossistemas florestais. *Revista de Ciências Agroambientais Alta Floresta, MT, UNEMAT – ISSN 1677-6062*. v.14, n.1, p.131-142.
- Aronson, J., Brancalion, P. H. S.; Durigan, G.; Rodrigues, R. R.; Engel, V. L.; Tabarelli, M.; Torezan, J. M. D.; Gandolfi, S.; Melo, A. C. G.; Kageyama, P. Y.; Marques, M. C. M.; Nave, A. G.; Martins, S. V.; Gandara, F. B.; Reis, A.; Barbosa, L. M.; Scarano, F. R. (2011) What role should government regulation play in ecological restoration? Ongoing debate in São Paulo State, Brazil. *Restoration Ecology* 19: 690-695.
- Arroz e Feijão, 400p.
- Arshad, M. A.; Lowery, B.; Grossman, B. Physical tests for monitoring soil Quality. In: Doran, J.W.; Jones, A.J. *Methods for assessing soil quality*. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.123-141.
- Ávila, A. L.; Araujo, M. M.; Longhi, S. J.; Gasparin, E. (2011) Caracterização da vegetação e espécies para recuperação de mata ciliar, Ijuí, RS. *Ciência Florestal, Santa Maria*, v. 21, n. 2, p. 251-260.
- AZAR, G. S. et al. (2013) Biomassa e atividade microbiana do solo sob pastagem em sistemas de monocultura e silvipastoril. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 6, p. 2727, 11 dez.
- Bagatini, Y. M.; Delariva, r. L.; Higuti, J. (2012) Benthic macroinvertebrate community structure in a stream of the north-west region of Paraná State, Brazil. *Biota Neotrop.*, 12:307-317.
- Bartelega, V.; Almeida, G. R. R.; Cunha, L. T. (2015) Quantificação de bactérias totais em solos cultivados com café da Fundação Procafé, em Varginha, Minas Gerais, Brasil. Centro de Investigación y Documentación Universidad Autónoma de Encarnación (CIDUNAE) Padre Kreusser c/Tte. Honorio González. Encarnación, Paraguay.
- Baynes, J.; Herbohn, J.; Chazdon, R. L.; Nguyen, H.; Firn, J.; Gregorio, N.; Lamb, D. (2016) Effects of fragmentation and landscape variation on tree diversity in post-logging regrowth forests of the Southern Philippines. *Biodivers Conserv.*
- Bechara, F. C. (2006) Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado

- e Restinga. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Recursos Florestais, ESALQ-USP, Piracicaba, 2006.
- Bechara, F. C.; Dickens, S. J.; Farrer, E. C.; Larios, L.; Spotswood, E. N.; Mariotte, P.; Suding, K. N. (2016) Neotropical rainforest restoration: comparing passive, plantation and nucleation approaches. *Biodivers Conserv.* n. 25:2021–2034.
- Bechara, F. C.; Filho, E. M. C.; Barreto, K. D.; Gabriel, V. A.; Antunes, A. Z.; Reis, A. (2007) Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras de Biodiversidade. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 9-11, jul.
- Beenhouwer, M.; Aerts, R.; Honnay, O. (2013) A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.175, p.1–7.
- Beer, J.; Lucas, C.; Kapp, G. Reforestación com sistemas agrosilviculturales permenetes vrs. Plantaciones puras. *Agroforesteria en las Américas*, v.1, n.3, p. 21-25, 1994.
- Bellard, C.; Leclerc, C.; Leroy, B. (2014) Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. *Glob Ecol Biogeogr* 23:1376–1386, 2014.
- Bernstein, A.; Nunes, U. M.; Silva, C. C. N.; Couto, D. V. S. Sudeste rumo à desertificação: Rio Paraíba do Sul. (2015) Disponível em: <<http://educacaopublica.cederj.edu.br/revista/artigos/sudeste-rumo-a-desertificacao-rio-paraiba-do-sul>>. Acesso em 14 set. 2016.
- Bicalho, S.T.T.; Langenbach, T.; Rodrigues, R. R.; Correia, F. V.; Hagler, A. N.; Matallo, M. B.; Luchini, L. C. (2010) Herbicide distribution in soils of a riparian forest and neighboring sugar cane field *Geoderma*, 158, pp. 392–397.
- Boaneres, D. e Azevedo, C. S. (2014) The use of nucleation techniques to restore the environment: a bibliometric analysis. *Natureza & Conservação*, ISSN: 1679-0073, Vol: 12, Issue: 2, Page: 93-98.
- Bohn, J. L.; Diemont, S. A. W.; Gibbs, J. P.; Stehman, S. V.; Veja, J. M. (2014) Implications of Mayan agroforestry for biodiversity conservation in the Calakmul Biosphere Reserve, Mexico. *Agroflorestal Syst.*
- Borges, L. A. C.; Rezende, J. L. P. de; Pereira, J. A. A.; Júnior, L. M. C.; Barros, D. A. de. (2011) Áreas de preservação permanente na legislação brasileira *Ciência Rural*, v. 41, n. 7, p. 1202-1210.
- Botelho S. A.; Pereira, I. M.; Vilas Boas, R. A.; Nogueira, M. O. G.; Carlos, L. (2015) Restauração de Matas Ciliares. In: *Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares* / editado por Antônio Claudio Davide, Soraya Alvarenga Botelho. – Lavras: UFLA.
- Bowen, H. D. (1981) Alleviating mechanical impedance. In: ARKIN, G.F.; TAYLOR, H.M., eds. *Modifying the root environment to reduce crop stress*. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers. p.18-57.

- Braghirolli et al. (2012) Fungos Micorrízicos arbusculares na recuperação de florestas ciliares e fixação de carbono no solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 36:733-743., 2012.
- Brançalion, P. H. S.; et al. (2012) Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. In: Martins, S.V. (Org.). *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*, v. 1, Viçosa: UFV, p. 262-293.
- Brançalion, P. H. S.; Garcia, L. C.; Loyola, R.; Rodrigues, R. R.; Pillar, V. D.; Lewinsohn, T. M. (2016) A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): updates and ongoing initiatives. *Natureza & Conservação. Brazilian Journal of Nature Conservation*. 1-15.
- Brançalion, P.H.S., Rodrigues, R.R., Gandolfi, S., Kageyama, P.Y., Nave, A.G., Gandara, F.B., Barbosa, L.M. & Tabarelli, M. (2010) Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. *Revista Árvore* 34: 455-470.
- Brandão, E.M. (1992) Os componentes da comunidade microbiana do solo. In: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M.; Neves, M.C.P. *Microbiologia do solo*. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, p.1-31.
- Brasil (2009). Instrução Normativa no 5, de 8 de setembro de 2009, do Ministério do Meio Ambiente. Dispõe sobre os procedimentos metodológicos para restauração e recuperação das Áreas de Preservação Permanentes e da Reserva Legal. *Diário Oficial {da} República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 9 set. 2016. Seção 1, p. 65.*
- Brasil (2012) Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Revoga a Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965. *Diário Oficial {da} República Federativa do Brasil. Brasília DF, 18 out. 2012, em: <http://www.jusbrasil.com.br/diarios/41537746/dou-secao-1-18-10-2012-pg-1>. Acesso em: 15 jan. 2016.*
- Bunyan M.; Shibu J.; Fletcher, R. Edge effects in small forest fragments: why more is better. *Am J Plant Sci* 3(7):869–878, 2012.
- Calegari, L.; Martins, S. V.; Campos, L. C.; Silva, L.; Gleriani, J. M. (2013) Avaliação do banco de sementes do solo para fins de Restauração florestal em carandaí, MG. *Revista Árvore, Viçosa-MG*, v.37, n.5, p.871-880.
- Calgaro, H. F.; Cambuim, J.; Silva, A. M.; Alves, M. C.; Buzett, S.; Moraes, M. A.; Carvalho, S. L.; Miranda, L. P. M.; Moraes, M. L. T. (2015) Distribuição natural de espécies arbóreas em áreas com diferentes níveis de antropização. Atributos físicos do solo. *Cultura Agrônômica, Ilha Solteira*, v.24, n.3, p.327-344.
- Calonego, J. C.; Santos, C. H.; Tiritan, C. S.; Junior, J.R .R C. (2012) Estoques de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Caatinga, Mossoró*, v. 25, n. 2, p. 128-135.
- Camargos, N. M. S.; Moura, S. S.; Miranda, S. C. (2013) Análise dos sistemas agroflorestais implantados em propriedades rurais no município de

- Itapuranga-GO. Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais – UEG/UnU Iporá, v.2, n. 1, p. 20-33 – jan/jul.
- Campello et al. (2017) Escolha de espécies e de espaçamento como ferramentas de controle de plantas daninhas em restauração florestal. In: Controle de plantas daninhas em restauração florestal / Alexander Silva de Resende, Paulo Sérgio dos Santos Leles, editores técnicos. — Brasília, DF : Embrapa, 107 p.
- Camporeale, C.; Perucca; E.; Ridolfi, L.; Gurnell, A. M. (2013) Modelagem das interações entre morfodinâmica rios e mata ciliar , Rev. Geophys. , 51 , 379-414.
- Capão, S. J.; Chambers, L.E.; Mac Nally, R. et al. (2013) Riparian Ecosystems in the 21st Century: Hotspots for Climate Change Adaptation? Ecosystems, 16: 359–381.
- Capellesso, E. S.; Santolin, S. F.; Zanin, E. M. (2015) Banco e chuva de sementes em área de transição florestal no Sul do Brasil. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.821-829.
- Cardoso, E. L.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Ferreira, M. M.; Freitas, D. A. F. (2011) Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. R. Bras. Ci. Solo, 35:613-622.
- Cardoso, E. L.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Ferreira, M. M.; Freitas, D. A. F. (2013) Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. R. Bras. Ci. Solo, 35:613-622.
- Carneiro, R. F. V.; Cardozo Júnior, F. M.; Pereira, L. F.; Araújo, A. S. F.; Silva, G. A. (2012) Fungos micorrízicos arbusculares como indicadores da recuperação de áreas degradadas no Nordeste do Brasil. Revista Ciência Agronômica, v. 43, n. 4, p. 648-657, out-dez.
- Carneiro, R. F. V.; Júnior, F. M. C.; Araújo, A. S. F.; Filho, C. H. A. M.; Sousa, R. F. (2016) Atributos dos fungos micorrízicos arbusculares como indicadores de áreas degradadas e em recuperação no estado do Piauí. Revista Brasileira de Agroecologia. 11(2):61-69.
- Carnevali, N. H. S.; Santiago, E. F.; Daloso, D. M.; Carnevali, T. O.; Oliveira, M. T. (2016) Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas implantadas em pastagem degradada. Floresta, Curitiba, PR, v. 46, n. 2, p. 277 – 286.
- Castro, D. et al., (2012) Práticas para restauração da mata ciliar. / organizado por Dilton de Castro; Ricardo Silva Pereira Mello e Gabriel Collares Poester. -- Porto Alegre : Catarse – Coletivo de Comunicação, 2012.
- Castro, M. N.; Castro, R. M.; Souza, P. C. (2013) A importância da Mata Ciliar no contexto da conservação do solo. Revista eletrônica de educação da faculdade Araguaia, 4: 230-241.

- Cava, M. G. B.; Isernhagen, I.; Mendonça, A. H.; Durigan, G. (2016) Comparação de técnicas para restauração da vegetação lenhosa de Cerrado em pastagens abandonadas. *Hoehnea* 43(2): 301-315.
- Ceasa/RJ (2017) Pesquisa de preços no atacado de hortaliças, frutas, cereais, pescado, flores e plantas ornamentais: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Boletim%20diario%20de%20precos%20%2007%2011%202017.pdf> em 08/11/2017 página mantida por SEASA/RJ.
- Ceivap (2001). Comitê para Integração da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads/cadernos/PSR-020-R0.pdf>>.
- César, R. G.; Brancalion, P. H. S.; Rodrigues, R. R.; Oliveira, A. M. S. (2013) Does crotalaria (*Crotalaria breviflora*) or pumpkin (*Cucurbita moschata*) inter-row cultivation in restoration plantings control invasive grasses? *Sci. Agric.* v.70, n.4, p.268-273, July/August.
- Chaves, A. R. (2014) Acompanhamento de um plantio de vegetação ripária. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade UNB-Planaltina. Universidade de Brasília. Planaltina, DF. 42f.
- Chazdon, R. (2008) Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, Washington, v.320, p. 1458.
- Chiamolera, L. B. Ângelo, A. C.; Boeger, M. R. (2011) Crescimento e sobrevivência de quatro espécies florestais nativas plantadas em áreas com diferentes estágios de sucessão no reservatório Iraí-PR. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 41, n. 4, p. 765 – 778.
- Colmanetti, M. A. A.; Barbosa, L. M. (2013) Fitossociologia e estrutura do estrato arbóreo de um reflorestamento com espécies nativas em Mogi-Guaçu, SP, Brasil. *Hoehnea* 40(3): 419-435.
- Conama (2011) Resolução nº 429 de 28 de fevereiro de 2011 do CONAMA. Diário Oficial {da} República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 de março, 2011, nº 43, pág. 76.
- Connell, J. H.; Slatyer, R. O. (1977) Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist*, 111:1119-1144.
- Coradin, L.; Siminski, A.; Reis, A. (2011) Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 934 p.
- Corbin, J. D.; Holl, K. D. (2012) Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest Ecology and Management*, v. 265, p. 37-46.
- Corrêa, R. S.; Melo Filho, B. (2004) Desempenho de dois resíduos orgânicos para a sobrevivência de mudas de espécies arbóreas de Cerrado em condições adversas de área minerada. *Sanare*, Curitiba, v. 21, n. 21, p. 59-66.

- Correia, G. G. S.; Martins, S. V. (2015) Banco de sementes do solo de floresta restaurada, Reserva Natural Vale, ES. *Floresta e Ambiente*, 22(1):79-87.
- Costa, T. C. C.; Campanha, M. M.; Matrangolo, W. J. R.; Miranda, G. A.; Carvalho, E. R. O. (editores) (2014) *Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreo-arbustivas nativas brasileiras para recuperação de paisagem degradada no Cerrado Mineiro*. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 28 p.
- Coutinho, F. S. (2012) *Atributos edáficos e qualidade do solo em áreas de agricultura, pastagem e fragmentos florestais na região do médio vale do Paraíba do Sul, Rio de Janeiro*. 60 f., Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo. Bibliografia: f. 48-60.
- Cunha, J. L. X. L.; Freitas, F. C. L.; Ambrósio, M. M. Q.; Fontes, L. O.; Nascimento, P. G. M. L.; Guimarães, L. M. (2014) Comunidade microbiana do solo cultivado com pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional associado ao manejo de plantas daninhas. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 543-554.
- Cury, R. T.; Carvalho Junior, O. (2011) *Manual para restauração florestal: florestas de transição*. IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, Belém, v.5, 78 p. 2011.
- Dan, M. L.; Braga, J. M. A.; Nascimento, M. T. (2010) Estrutura da comunidade arbórea de fragmentos de floresta estacional semidecidual na bacia hidrográfica do rio São Domingos, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* 61(4): 749-766.
- Daronco, C.; Melo, A. C. G.; Durigan, G. *Ecossistema em restauração versus ecossistema de referência: estudo de caso da comunidade vegetal de mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil*. *Hoehnea* 40(3): 485-498, 2013.
- Daronco, C.; Melo, A. C. G.; Machado, J. A. R. (2012) Consórcio de espécies nativas da floresta estacional semidecidual com mandioca (*Manihot esculentacrantz*) para restauração de mata ciliar, *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.36, n.2, p.291-299.
- Davide, A. C.; Botelho, S. A. *Fundamentos e métodos de ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares / editado por Antônio Carlos, Soraya Alvarenga Botelho*. – Lavras: UFLA, 2015.
- Dias, C. R. *Poleiros artificiais como catalisadores na recuperação florestal: 1-17*. Monografia de graduação (Curso de Engenharia Florestal) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica., 2008. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/Cristiano_Roberto_Dias.pdf>. Acesso em: 8 de set. 2016.
- Dias-Filho, M.B. (2005) Opções forrageiras para áreas sujeitas a inundação ou alagamento temporário. In: Pedreira, C.G.S.; Moura, J.C. De; Da Silva, S.C.;

- Faria, V.P. de (Ed.). 22o Simpósio sobre manejo de pastagem. Teoria e prática da produção animal em pastagens. Piracicaba: FEALQ, p.71-93.
- Durigan, G.; Engel, V. L.; Torezan, J. M.; MELO, C.G.; Marques, M. C. M.; Martins, S. V.; Reis, A.; Scarano, F. R. (2010) Normas Jurídicas Para um ecológica Restauração: Uma barreira a mais a dificultar o êxito das Iniciativas. Revista *Árvore*, v.34, n.3, p.471-485.
- Durigan, G.; Engel, V.L. (2012) Restauração de Ecossistemas no Brasil: Onde estamos e para onde podemos ir? In: MARTINS, S.V. Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados. Viçosa: UFV. Cap. 2, p. 41-68.
- Eisenlohr, P. V.; Oliveira-Filho, A. T.; Prado, J. (2015) The Brazilian Atlantic Forest: new findings, challenges and prospects in a shrinking hotspot. *Biodivers Conserv*, 24: 2129.
- Embrapa. 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Brasília, 212p.
- Embrapa. 2007. Sistemas de Produção. Versão eletrônica. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/adubacao.html>
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Agência de Informação EMBRAPA. Cultivo do Feijão. 2ª edição. 2017. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Agência de Informação EMBRAPA. Cultivo do Milho. 9ª edição. 2015. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2017.
- Espíndola, J. A. A.; Almeida, D. L.; Guerra, J. G.; Silva, E. M. (2001) Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. *Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 104-113.
- Fernandes, M. M. et al. (2013) Biomassa microbiana e matéria orgânica em áreas desertificadas revegetadas com pinhão-manso solteiro e consorciado com gramínea no Sul do Piauí. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, v. 8, n. 3, p. 464–469, 21 set.
- Ferreira, R. A.; Davide, A. C.; Bearzoi, E.; Motta, M. S. (2007) Semeadura direta com espécies arbóreas para a recuperação de ecossistemas florestais. *Cerne*, Lavras, v.13, n.3, p.271-279.
- Ferreira, W. C.; Botelho, S. A.; Davide, A. C.; Faria J. M. R. (2007) Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 177-185.
- Ferreira, W. C.; Botelho, S. A.; Davide, A. C.; Faria, J. M. R.; Ferreira, D. F. (2010) Regeneração natural como indicador de recuperação de área

- degradada a jusante da usina hidroelétrica de Camargos, MG. *Revista Árvore*. 34(4):651-660.
- Ferreira, W. R.; Ranal, M.; Dorneles, M. C.; Santana, D. G. (2007) Crescimento de mudas de *Genipa americana* L. submetidas a condições de pré-
semeadura. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 1026-1028.
- Fialho, J. T. (2007) As pequenas propriedades rurais e sua inclusão na cadeia produtiva da madeira: uma percepção dos atores florestais paranaenses. 2007. 280 f. Tese. (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Filho, N. L.; Santos, R. S.; Ferreira, R. L. Comparando técnicas de nucleação utilizadas na restauração de áreas degradadas na Amazônia brasileira. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.37, n.4, p.587-597, 2013.
- Fonseca, D. A.; Backes, A. R.; Rosenfeld, M. F.; Overbeck, G. E.; Müller, S. C. (2017) Avaliação da regeneração natural em área de restauração ecológica e mata ciliar de referência. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 521-534.
- Fonseca, M. G.; Vale, R. S. T.; Dantas, C. G.; Pesamosca, C.; Augusto, C. C.; Villas-Bôas, A. (2013) Redução do passivo ambiental em Áreas de Preservação Permanente em São José do Xingu (MT) em decorrência da revogação da Lei 4.771/65 (o Código Florestal Brasileiro). In. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 15, 2013. Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: INPE, p. 4845- 4852, 2013.
- França, H. M. F. (2013) Estabelecimento de espécies florestais nativas da Mata Atlântica plantadas em áreas degradadas no entorno da Reserva Biológica do Tinguá, Nova Iguaçu, RJ. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.
- Franco, B. K. S.; Martins, S. V.; Faria, P. C. L.; Ribeiro, G. A. (2012) Densidade e composição florística do banco de sementes de um trecho de floresta estacional semidecidual no campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.36, n.3, p.423-432.
- Freitas, E. P.; Moraes, J. F. L.; Filho, A. P.; Storino, M. (2013) Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.17, n.4, p.443–449.
- Freitas, M. A. M. DE. (2013) Impacto do consórcio milho-braquiária no crescimento, características nutricionais e fisiológicas do milho e na atividade da microbiota do solo.
- Fundação SOS Mata Atlântica, 2015a. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/102355/levantamento-inedito-mata-atlantica-rio/>. Acesso em: 14 set. 2016.

- Fundação SOS Mata Atlântica, 2015b. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2015/11/Atlas-munic%C3%ADpios-SOS-Rio-de-Janeiro-OK.pdf>>. Acesso em 14 set. 2016.
- Gaertner, M., Holmes, P.M., Richardson, D.M. (2012) Biological invasions, resilience and restoration, In: Van Andel, J., Aronson, J. (Eds.), Restoration Ecology: The New Frontier, second edition. Wiley-Blackwell, Oxford, pp. 265–280.
- Galli, F. (1964) Microrganismos do solo. Seção de Fitopatologia e Microbiologia Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Anais da E. S. A. Luiz de Queiroz. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/aesalq/v21/21.pdf>> acesso em 16 de outubro 2017.
- Gandolfi, S.; Rodrigues R.R. (2013) Quando o melhor pode ser o pior: como pensar a biodiversidade na restauração ecológica. Revista Caititu – aproximando teoria ecológica e aplicação. 1(1): 17-20 doi: 10.7724/caititu.v1.n1.d02.
- Garcia et al. (2015) Florestas ciliares apresentam dinâmica uniforme? In: Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares / editado por Antônio Claudio Davide, Soraya Alvarenga Botelho. – Lavras: UFLA.
- GEROE (Grupo Executivo para Recuperação e Obras de Emergência), 1995, Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo do Estado do Rio de Janeiro e da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.
- Glehn, C. V. (eds) (2011) Monitoramento de áreas em recuperação: subsídios à seleção de indicadores para avaliar o sucesso da restauração ecológica / Helena Carrascosa von Glehn ... [et al.]; organização Thiago Hector Kanashiro Uehara, Flávio Bertin Gandara - São Paulo: SMA, 2011. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/mataciliar/>>. ISSN 1981-6235
- Gomes, F. S.; Guedes, M. L. S.; Valadão, R. M.; Prates, A. R. S.; Costa, M. A. A. (2014) Florística e estrutura de um trecho de mata ciliar do rio Carinhanha, Feira da Mata, Bahia, Brasil. Biotemas, 27 (3): 41-55.
- Gonzaga, L. M. (2016) A sucessão ecológica em ambientes florestais em restauração: estrutura e dinâmica da regeneração natural. Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras.
- IBGE. (2012) Manuais técnicos em geociências: Divulga os procedimentos metodológicos utilizados nos estudos e pesquisas de geociências. ISBN 978-85-240-4272-0 (meio impresso) © IBGE.
- Incaper (2016) Aroeira: um nicho de mercado em expansão na economia capixaba. Assessoria de Comunicação do Incaper. Disponível em <<https://incaper.es.gov.br/Not%C3%ADcia/aroeira-um-nicho-de-mercado-em-expansao-na-economia-capixaba>> Acesso em 08/11/2017.

- Inea (2014) Resolução nº 89, de 3 de junho de 2014. Disponível em: <https://docs.wixstatic.com/ugd/be7ade_637d65df53074dfaa51606d44ce51a6b.pdf>.
- Inea (2017) Resolução nº 143 DE 14 de junho de 2017. Institui o sistema estadual de monitoramento e avaliação da restauração florestal (semar) e estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre elaboração, execução e monitoramento de projetos de restauração florestal no estado do Rio de Janeiro. Disponível em: https://docs.wixstatic.com/ugd/3c5cc7_8826e403a15641c4b843acd703d846ad.pdf.
- Itaocara, RJ (2017) Portal da transparência. Disponível em <<http://sistemas.itaocara.rj.gov.br/pronimtb/index.asp?acao=3&item=2>> Acesso em 08/11/2017.
- Júnior, S. B.; Oliveira, R. P.; Denich, M.; Vlek, P. L. G. (2011) Plantio de árvores de crescimento rápido para recuperação de áreas agrícolas na Amazônia Oriental brasileira: estudo de caso com produção de milho e mandioca. *Plantio de árvores de crescimento rápido para recuperação de áreas agrícolas na Amazônia Oriental brasileira: estudo de caso com produção de milho e mandioca. Pesq. flor. bras., Colombo, v.31, n. 68, p. 347-353.*
- Kageyama P., Gandara, F. B. (2000) Recuperação de áreas ciliares. In: Rodrigues R. R.; Leitão H. F. (editores) *Matas ciliares: conservação e recuperação.* São Paulo: EDUSP.
- Kageyama, P. Y.; Gandara, F. B. (2001) Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação.* São Paulo: Universidade de São Paulo/FAPESP. p.249-269.
- Karrenberg, S.; Edwards, P. J.; Kollmann, J. (2002) The life history of Salicaceae living in the active zone of floodplains. *Freshwater Biology, 47: 733-748.*
- Kunz, S. H.; Martins, S. V. (2014) Regeneração natural de floresta estacional semidecidual em diferentes estágios sucessionais (Zona da Mata, MG, Brasil). *Floresta, Curitiba, PR, v. 44, n. 1, p. 111 - 124, jan. / mar.*
- Laurance, W. F.; Vasconcelos, H. L. (2009) Consequências ecológicas da fragmentação Florestal na Amazônia. *Oecologia Brasiliensis 13(3): 434-451.*
- Leal Filho, N.; Santos, G. R.; Ferreira, R. L. (2013) Comparando técnicas de nucleação utilizadas na restauração de áreas degradadas na Amazônia brasileira. *Revista Árvore, Viçosa-MG, v.37, n.4, p.587-597.*
- Leite, L. F. C.; Ferreira, J. S.; Veloso, M. E. C.; Mousinho, F. E. P.; Junior, A. F. R. (2015) Variabilidade espacial das frações da matéria orgânica do solo em área degradada sob recuperação. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.19, n.4, p.394-401.*

- Leite, L. F. C.; Mendonça, E. S. (2003) Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.773-959.
- 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.
- Leles, P. S. S.; Oliveira Neto, S. N.; Alonso, J. M. (2015) Restauração florestal em diferentes espaçamentos. In: Leles, P. S. S.; Oliveira Neto, S. N. (ed.) *Restauração florestal e a Bacia do Rio Guandu.* Seropédica: Editora Rural, p. 101-153.
- Lima, C. L. R.; Pauletto, E. A.; Gomes, A. S.; Hartwig, M. P.; Passianoto, C. D. (2006) Compactação de um planossolo em função de sistemas de manejo. *R. Bras. Agrocência*, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 179-182.
- Lima, M. M.; Santos, L. A.; Nogueira, L. M. S.; Moura, F. B. P. (2015) Sobrevivência inicial de seis espécies usadas na recuperação de uma área degradada na Caatinga. *Revista Ouricuri*, Paulo Afonso, Bahia, v.5, n.2, p.132-137.
- Lima, P. A. F. et al. *Indicadores ecológicos: ferramentas para o monitoramento do processo de restauração ecológica / Pedro Augusto Fonseca Lima... [et al.].* — Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015.
- Lima, S. S.; Leite, L. F. C.; Oliveira, F. C.; Costa, D. B. (2011) Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.35, n.1, p.51-60.
- Lima, W. P.; Zakia, M. J .B. (2000) Hidrologia de matas ciliares. In *Matas Ciliares: conservação e recuperação (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, eds.)*. EDUSP, São Paulo, p.33-44.
- Lira, D. F. S.; Marangon, L. C.; Marangon, G. P.; Silva, E. A.; Longh, R. V. (2016) Análise da estrutura de uma área em processo de recuperação contendo o modelo de Indução e condução da regeneração natural, na barragem do Rio Siriji, Vicência – PE. *ACSA*, Patos-PB, v.12, n.3, p.287-294.
- Lôbo, D.; Leão, T.; Melo, F.P.L.; Santos, A. M. M.; Tabarelli, M. (2011) Forest fragmentation drives Atlantic forest of northeastern Brazil to homogenisation. *Divers. Distrib.*, 17:287–296.
- Lorenzi, H. (2002) *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil.* 4 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.1, 368 p.
- Lorenzi, H. (2008) *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas.* 4. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 640 p.

- Lourente, E. R. P.; Mercante, F. M.; Alovise, A. M. T.; Gomes, C. F.; Gasparini, A. S.; Nunes, C. M. (2011) Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de Cerrado. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 20-28.
- Macedo, A.C. (1993) *Restauração, Matas Ciliares e de Proteção Ambiental*, Fundação Florestal, 27p.
- Maciel, M. N. M.; Watzlawick, L. F.; Schoeninger, E. R.; Yamaji, F. M. (2003) Classificação ecológica das espécies arbóreas. *Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais*, Curitiba, v.1, n.2, p. 69-78.
- Magnago L. F. S.; Martins, S. V.; Venke, T. S.; Ivanauskas, N. M. (2015) Os processos e estágios sucessionais da Mata Atlântica como referência para a restauração florestal. In: *Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados / Sebastião Venâncio Martins (editor)*. 2. ed. – Viçosa, MG : Ed. UFV.
- Magnago, L. F. S. Martins, S. V.; Venzke, T. S.; Ivanauskas, N. M. (2012) Os processos e estágios sucessionais da Mata Atlântica como referência para restauração florestal. In: S.V. Martins (org.). *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. Editora UFV, Viçosa, pp. 69-100.
- Magnago, L. F.; Magrath, U. M.; Laurence, W. F.; Martins, S. V.; Meira-Neto. J. A.; Simonelli, H.; Edwards, D. P. (2015) Would protecting tropical forest fragments provide carbon and biodiversity co-benefits under REDD+. *Glob Change Biol*.
- Mantoani, M. C.; Andrade, G. R.; Cavalheiro, A. L.; Torezan, J. M. D. (2012) Efeitos da invasão por *Panicum maximum* Jacq. e do seu controle manual sobre a regeneração de plantas lenhosas no sub-bosque de um reflorestamento. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, Londrina, v. 33, n. 1, p. 97-110.
- Mantoani, M. C.; Dias, J.; Torezan, J. M. D. (2016) Roçagem e aplicação de herbicida para controle de *Megathyrus maximus*: danos sobre a vegetação preexistente em um reflorestamento de 20 anos. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 839-851.
- Marchioro, E.; Fernandes, N. F.; Macedo, J. R.; Bhering, S. B.; Gonçalves, A. R. Aplicação do código florestal brasileiro como subsídio para o planejamento ambiental: um estudo de caso na região Noroeste do estado do Rio de Janeiro. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 22 (1): 11-21.
- Marcuzzo, S. B.; Araújo, M. M.; Gasparin, E. (2015) Plantio de espécies nativas para restauração de áreas em unidades de conservação: um estudo de caso no sul do Brasil. *Revista Floresta*, v. 45, n. 1, p. 129-140.
- Marcuzzo, S. B.; Ganade, G.; Araújo, M. M. Muniz, M. F. B. (2013) Comparação da eficácia de técnicas de nucleação para restauração de área degradada no Sul do Brasil. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 43, n. 1, p. 39 - 48, jan./mar.

- Marengo, R. A.; Lopes, N .F. (2005) *Fisiologia vegetal: Fotossíntese, Respiração, Relações Hídricas e Nutrição Mineral*. Viçosa, MG: Editora UFV, 451p.
- 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, D. A. P.; Lanzarini, A. C.; Heinz, C. F.; Vieira, F. S.; Bonatto, R. A.; Kanieski, M. R. (2017) Avaliação da transposição de serapilheira e do banco de sementes do solo em uma área degradada no planalto catarinense. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 47, n. 3, p. 237 – 246.
- Martins, S. V. (2009) *Recuperação de áreas degradadas: Ações em Áreas de Preservação Permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de Mineração*. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 270p.
- Martins, S. V. (2013) *Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração*. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 207p. 2ª. Edição.
- Martins, S. V. *Recuperação de Matas Ciliares*. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 255p., 2007.
- Martins, S. V.; Miranda Neto, A.; Ribeiro, T. M. (2012) Uma abordagem sobre diversidade e técnicas de restauração ecológica. In: MARTINS, S. V. (Ed.) *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. Viçosa: Editora UFV, p.17-40.
- Martins, et al. (2015) (editor) *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. 2. ed. – Viçosa, MG : Ed. UFV.
- Medeiros, R. A.; Paiva, H. N.; Leite, H. G.; Oliveira, S. N.; Vendruscolo, D. G. S.; Silva, F. T. (2015) 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.
- Melloni et al. (2011) Características biológicas de solos sob mata ciliar e campo cerrado no sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 25, n. 1, p. 7-13, jan/fev.
- MIN. Anuário Brasileiro de Desastres Naturais – Período de 2013-2014 Ministério da Integração Nacional, Brasília, 2014.
- Miranda Neto, A.; Martins, S. V.; Silva, K. A.; Lopes, A. T.; Demolinari, R. A. (2017) Banco de Sementes em Mina de Bauxita Restaurada no Sudeste do Brasil. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 24.
- Miranda Neto, A. et al. Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de pastagem abandonada em Viçosa, MG. *Revista Árvore*, v.34, n.6, p.1035-1043, 2010.

- Mitchell, R.J.; Auld, M.H.D.; Le Duc, M.G. & Marrs, R.H. 2000. Ecosystem stability and resilience: a review of their relevance for the conservation management of lowland heaths. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 3: 142-160
- Moraes, L. F. D. et al. (2010) Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. *Oecologia Australis, Australia* v. 14, n. 2, p. 437- 451.
- Morais, M. R.; Campos, A. C.; Campos Junior, C. R.; Oliveira², A. L.; Bleich, M. E. (2015) Desenvolvimento inicial do Jenipapo em zona ripária degradada. III Seminário de Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos Conservação de solos na Amazônia Meridional. Cáceres, v. 2, n. 1.
- Mota, S. L. L. (2016) Vegetação arbustivo-arbórea em áreas de cerrado rupestre na Cadeia do Espinhaço. Tese (doutorado). Doutorado em Ciência Florestais, Universidade de Brasília, Brasília, BF.
- Moura, N. N. (2005) Percepção de risco do uso de agrotóxicos: o caso dos produtores de São José de Ubá/RJ. 2005, 92f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade) – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade., UFRRJ, Rio de Janeiro.
- Nair, P.K.R. (1993) An introduction to agroforestry. Dordrecht: KluwerAcademic, 513p.
- Nascimento, C. R. et al. (2014) Curso de capacitação para o Cadastro Ambiental Rural (CapCAR): histórico e evolução da legislação ambiental brasileira / Renata Carvalho do Nascimento ... [et al.]. – Lavras : UFLA, 22 p.
- Navas, R.; Silva, R. J. (2016) Ecological restoration indicators in agroforestry systems in the Atlantic forest. *Ciência e Natura* v.38 n.2, p. 656 – 664.
- Nave, A. G. (2005) Banco de sementes autóctone e alóctone, resgate de plantas e plantio de vegetação nativa na Fazenda Intermontes, município de Ribeirão Grande, SP. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 218p.
- NBL. (2013) Engenharia Ambiental Ltda e The Nature Conservancy (TNC). Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará. The Nature Conservancy, Belém, PA.
- Neves, L. S.; ouza-Leal, T.; Borin, L.; Cavalcante, V. R.; Rossetto, L.; Pascotti, D. P.; Moraes, C. P. (2014) Nascentes, áreas de preservação permanentes e restauração florestal: histórico da degradação e conservação no Brasil. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v.7, n.3, p. 747-760, set./dez.
- Oliveira, D. G.; Ferreira, R. A.; Mello, A. A.; Almeida, E. S. (2103) Estrutura diamétrica da vegetação arbustivo-arbórea no entorno de nascentes da bacia hidrográfica do rio Piauitinga, Salgado – SE, Brasil. *Biotemas*, 26 (2): 19-31, 2013.

- Oliveira, E. (2014) Agricultura Familiar e sua Identidade Cultural no Espaço Rural. Revista Ciências Humanas – Universidade de Taubaté (UNITAU) – Brasil – VOL. 7, n. 2.
- Oliveira, E. B.; Couto, G. M. I.; Marangon, L. C.; Ferreira, R. L. C. Feliciano, A. L. P.; Silva, J. P. G.; Silva, V. F. (2014) Avaliação do modelo sucessional utilizado na restauração florestal de mata ciliar, Timbaúba-PE. VIII. SimposFloresta. 255-656-1.
- Oliveira, E. B.; Couto, G. M. I.; Marangon, L. C.; Ferreira, R. L. C. Feliciano, A. L. P.; Silva, J. P. G.; Silva, V. F. (2014) Avaliação do modelo sucessional utilizado na restauração florestal de mata ciliar, Timbaúba-PE. VIII. SimposFloresta. 255-656-1.
- Oliveira, L. C. S.; Guimarães, J. C. O.; Souza, I. C. S.; Lima, M. C.; Ferreira, W. C. (2015) Levantamento florístico e fitossociológico da regeneração natural de uma mata de galeria localizada no município de Jataí – GO, Gl. Sci Technol, Rio Verde, v.08, n.03, p.59 – 77.
- Oliveira, M. C.; Ribeiro, J. F.; Passo, F. B.; Aquinho, F. G.; Oliveira, F. F.; Souza, S. R. (2015) Crescimento de espécies nativas em um plantio de recuperação de Cerrado sentido restrito no Distrito Federal, Brasil. R. bras. Bioci., Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 25-32.
- Oliveira, R. A. M. (2013) Plantio consorciado de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e “Muvuca” de Sementes em Sistema Agroflorestal para recuperação de Áreas de Preservação Permanente Degradadas da Amazônia. Resumos do VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia – Porto Alegre/RS – 25 a 28/11/2013.
- Oliveira, R. E.; Engel, V. L. (2011) A restauração ecológica em destaque: um retrato dos últimos vinte e oito anos de publicações na área. Oecologia Australis, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 303 - 315.
- Oliveira, T. J. F. (2014) Técnicas para recuperação de mata ciliar do rio Paraíba do Sul na Região Noroeste Fluminense / Tiago José Freitas de Oliveira. Dissertação (Mestrado - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ.
- Oliveira, T. J. F.; Barroso, D. G.; Andrade, A. G.; Freitas, S. J. (2016) Consórcio de espécies nativas da mata atlântica com milho e feijão para recuperação de mata ciliar na região Noroeste Fluminense. Floresta, Curitiba, PR, v. 46, n. 3, p. 315 – 324.
- Pacto pela restauração da mata atlântica: Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal [organização edição de texto: Ricardo Ribeiro Rodrigues, Pedro Henrique Santin Brancalion, Ingo Isernhagen]. – São Paulo: LERF/ESALQ : Instituto BioAtlântica, 2009.
- Pereira, Zefa Valdivina et al. (2015) Semeadura Direta Mecanizada na Recuperação de Reserva Legal com Diversificação de Espécies do Bioma Cerrado do Distrito Federal. Cadernos de Agroecologia, [S.l.], v. 9, n. 4, mar.

ISSN 2236-7934. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/16662>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

- Peres, I. K. (2016) Conflitos nas políticas ambientais: uma análise no processo de alteração do Código Florestal Brasileiro. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Centro de Engenharia Nuclear na Agricultura. Piracicaba.
- Piaia, B. B.; Rovedder, A. P. M.; Costa, E. A.; Felker, F. M.; Piazza, E. M.; Stefanello, M. M. (2017) Transposição do banco de sementes para restauração ecológica da floresta estacional no Rio Grande do Sul. *Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.12, n.2, p.227-235.
- Piña-Rodrigues, F. C. M.; Lopes, L.; Bloomfield, V. K. (1997) Análise do desenvolvimento de espécies arbóreas da Mata Atlântica em sistema de plantio adensado para a recuperação de áreas degradadas em encosta, no entorno do Parque Estadual do Desengano (RJ). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS - III SINRAD, 1997, Ouro Preto. Anais... Curitiba: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas/Sobrade & Universidade Federal de Viçosa/UFV, 1997, p.283-291.
- Pinto, C.M.F.; Cruz, R.M. 2011. Agronegócio Pimenta em Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 51. Horticultura Brasileira 29. Viçosa: ABH.S5744-S5765.
- Poleto, C.; Carvalho, S. L.; Matsumoto, T. (2010) Avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira (SP) *HOLOS Environment*, v.10 n.1, p. 96.
- Pozzobon, M.; Curcio, G. R.; Uhlmann, A.; Galvão, F.; Zimmer, E. (2010) Restauração de planícies do rio Itajaí-Açu, SC: sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas por tipo de solo. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 30, n. 63, p. 171-189.
- Radomski, M. I.; Lacerda, A. E. B.; Kellermann, B. (2014) Sistemas agroflorestais: restauração ambiental e produção no âmbito da Floresta Ombrófila Mista [recurso eletrônico] / Maria Izabel Radomski, André Eduardo Biscaia de Lacerda, Betina Kellermann - Dados eletrônicos. - Colombo: Embrapa Florestas, 47 p. - (Documentos / Embrapa Florestas) Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>>acesso em: 08/11/2017.
- Ramos, C. C. O.; Anjos, L. (2014) The width and biotic integrity of riparian forests affect richness, abundance, and composition of bird communities *Natureza & Conservação*, 12, pp. 59–64, 2014.
- Ranta, P.; T. Blom; J. Niemela; E. Joens U. U; M. Siitonen. (1998) The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distributions of forest fragments. *Biodiversity and Conservation* 7: 385-403.

- Rebello, A. (2010) Parecer do relator deputado federal Aldo Rebello (PCdoB-SP) ao Projeto de Lei nº 1876/99 e apensados. Brasília, DF: Câmara dos Deputados.
- Rech, C. C. C.; Silva, A. C.; Higuchi, P.; Schimalski, M. B.; Pscheidt, F.; Schmidt, A. B.; Ansolin, R. D.; Bento, M. A.; Missio, F. F.; Loebens, R. (2015) Avaliação da restauração florestal de uma APP degradada em Santa Catarina. *Floresta e Ambiente, Seropédica*, v. 22, n. 2, p. 194-203.
- Reich M.; Francelino, M. R. (2012) Avaliação do potencial de recuperação de áreas alteradas em Áreas de Proteção Permanente de cursos d'água no município de Rio Branco, Acre. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat., Belém*, v. 7, n. 2, p. 157-168, maio-ago.
- Reinert, D. J.; Albuquerque, J. A.; Reichert, M. R.; Aita, C. Andrada, M. M. C. (2008) Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:1805-1816.
- Reis, A. et al. Restoration of damaged land areas: using nucleation to improve successional processes. *Natureza & Conservação, Curitiba*, v. 1, n. 1, p. 85-92, abr. 2003.
- Reis, A.; Bechara, F. C.; Tres, D. R. Nucleation in tropical ecological restoration. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, v.67, n.2, p.244-250, March/April, 2010.
- Reis, A.; Bechara, F. C.; Tres, D. R.; Trentin, B. E. (2014) Nucleação: Concepção Biocêntrica para a Restauração Ecológica. *Ciência Florestal, Santa Maria*, v.24, n.2, p.509- 519, abr.- jun., 2014.
- Reis, A.; Kageyama, P. Y. (2008) Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. (Eds.) *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, p. 91-110.
- Reis, A.; Tres, D. R. (2007) Nucleação: Integração das comunidades Naturais com a Paisagem. p.2855. In: Fundação Cargill, ed. *Manejo ambiental e Restauração de áreas degradadas*: Cargill, São Paulo, SP, Brasil.
- Reis, D. N.; Davide, A. C.; Ferreira, D. F. (2014) Indicadores preliminares para avaliação da restauração em reflorestamentos de ambientes ciliares. *Pesq. flor. bras., Colombo*, v. 34, n. 80, p. 375-389.
- Resende, A. S.; Leles, P. S. S. (eds) 2017) *Controle de plantas daninhas em restauração florestal* / Alexander Silva de Resende, Paulo Sérgio dos Santos Leles, editores técnicos. — Brasília, DF : Embrapa, 107 p.
- Resende, K. M. (2006) *Legislação Florestal Brasileira: uma reconstituição histórica*. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Ambiental, para obtenção do título de Mestre. Lavras.

- Resende, L. A.; Pinto, L. V. A.; Santos, E. C.; Silva, S. (2015) Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas em diferentes modelos de plantio na recuperação de área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. *Rev. Árvore*, vol.39, n.1.
- Restauração ecológica (2011) [recurso eletrônico] sistemas de nucleação / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares; editores Daniela Petenon Kuntschik, Marina Eduarte, Renato Soares Armelin; redação Cristina Silva Sant'Anna, Deisy Regina Tres, Ademir Reis. – Reimpressão da 1.ed. – São Paulo: SMA. Acesso em: 5 set. 2016.
- Rezende, C. L.; Uezu, A.; Scarano, F. R.; Araujo, D. S. D. (2015) Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape scale. *Biodivers Conserv.*
- Ribeiro G. V. B. A origem histórica do conceito de área de preservação permanente no Brasil. *Revista Thema*, v. 1, n. 8, p. 1-13, 2011.
- Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G; Alvarez, V. H. (ed.) (1999) Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – 5ª Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, MG.
- Ribeiro, D. B.; Freitas, A. L. Brazil's new laws bug collectors *Science*, 345 (2014), p. 1571.
- Ribeiro, et al. (2009) The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation *Biol. Conserv.*, 142, pp. 1141–1153.
- Ribeiro, P. R. C. C.; Ribeiro, J. J.; Neto, A. R. S.; Rocha, J. R. P.; Corte, I. S. (2012) Métodos e recuperação de mata ciliar como proposta de recuperação de nascentes no cerrado. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15, p. 1866, 2012.
- Robinson, S. J. B.; Berg, E. V. D.; Meirelles, G. S.; Ostle, N. (2015) Factors influencing early secondary succession and ecosystem carbon stocks in Brazilian Atlantic Forest. *Biodivers Conserv* (2015) 24:2273–2291.
- Rocha, G. P. E. (2014) Regeneração natural inicial rápida em pastagens abandonadas após uso prolongado no sudoeste da Amazônia brasileira. *Dissestação (mestrado)* – Universidade de Brasília. Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Pós-graduação em Botânica.
- Rodrigues, E. R. et al. (2007) Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para a recuperação de Reserva Legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. *Revista Árvore*, v.31, p.941-948, 2007.
- Rodrigues, R. R. (2000) Floretas ciliares?: uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: Ed da EDUSP-FAPESP.
- Rodrigues, R. R.; Gandolfi, S.; Nave, A. G.; Barreto, T. E.; Vidal, C. Y.; Brancalion, P. H. S. (2011) Large-scale ecological restoration of high-

- diversity tropical forests in SE Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 261, n. 10, p. 1605 - 1613.
- Rodrigues, R. R. et al. (2009) On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, Essex, v. 142, p. 1242–1251.
- Rodrigues, R.R.; Gandolfi, S. (2004) Conceitos, tendências e ações para a recuperação das florestas ciliares. In: Rodrigues, R.R. & Leitão Filho, H.F.. (Org.). *Matas Ciliares: Conservação e Recuperação*. 3 ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, v. 1, p. 235-248.
- Rood, S. B. (2006) Riparia: Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities. *BioScience*, 56(4):353-354.
- Roriz, P. A. C.; Fearnside, P. M. (2015) A construção do Código Florestal Brasileiro e as diferentes perspectivas para a proteção das florestas. *Novos Cadernos NAEA*, v.18, n.2, p.51-68, jun-set.
- Ruwanza, S.; Gaertner, M.; Esler, K.J. ; Richardson, D.M. (2013) The effectiveness of active and passive restoration on recovery of indigenous vegetation in riparian zones in the Western Cape, South Africa: A preliminary assessment. *South African Journal of Botany*. 88,132–141.
- Sampaio, M. T. F.; Polo, M.; Barbosa, W. (2012) Estudo do crescimento de espécies de árvores semidecíduas em uma área ciliar revegetada. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.36, n.5, p.879-885.
- Santos, D. J. O.; Santos, G. O.; Vanzela, L. S.; Lima, F. B.; Santos, M. S. F. (2012) Técnicas de implantação e manutenção de mata ciliar e avaliação de custo para a gestão ambiental. IV WINOTEC. Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação. Fortaleza, Ceará.
- Santos, F. A. M. (2016) Formação de povoamento para restauração florestal sob estratégias de controle de *Urochloa* spp. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 98 f.
- Santos, P. L.; Ferreira, R. A.; Aragão, A. G.; Amaral, L. A.; Oliveira, A. S. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.36, n.2, p.237-245, 2012.
- Saraiva, D. D. (2013) Composição e estrutura de uma floresta ribeirinha no Sul do Brasil. *Biotemas*, 24 (4): p. 49-58.
- Sauer, S.; França, S. C. (2012) Código Florestal, função socioambiental da terra e soberania alimentar. *Caderno CRH*, v. 25, n. 65, p. 285-307.
- Schievenin, D. F.; Tonello, K. C.; Silva, D. A.; Valente, R. O. A. Faria, L. C.; Thiersch, C. R. (2012) Monitoramento de indicadores de uma área de restauração florestal em Sorocaba-SP. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*. v.19, n.1.

- Schindler, S., O'Neill, F.H., Biró, M. et al. (2016) *Biodiversity and Conservation*, June, Volume 25, p. 1349–1382, 2016.
- Schumacher, M. V.; Brun, E. J.; Koning, F. G.; Kleinpaul, J. J.; Kleinpaul, I. S. (2004) Análise de nutrientes para sustentabilidade. *Revista da Madeira*. n. 83.
- Sepúlveda, S. (2008) *Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en territorios rurales*. San José, Costa Rica: Instituto Americano de Cooperación para a Agricultura - IICA / Dirección de Desarrollo Rural Sostenible. 120p.
- Silva Júnior, M. C. (2001) Comparação entre matas de galeria no Distrito Federal e a efetividade do Código Florestal na proteção de sua biodiversidade arbórea. *Acta Botânica Brasilica*, v. 15, n. 1, p. 139-146, 2001.
- Silva, A. M.; Canuto, D. S. O.; Alves, M. C.; Buzetti, S.; Moraes, M. L. T.; Sakamoto, A. I. (2016) Características químicas de um latossolo vermelho em recuperação sob plantio de *Pinus* spp. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1049-1060.
- Silva, C. F.; Pereira, M. G.; Santos, V. L.; Miguel, D. L.; Silva, L. M. R. (2016) Fungos micorrízicos arbusculares: composição, comprimento de micélio extrarradicular e glomalina em áreas de Mata Atlântica, Rio de Janeiro. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 419-433, abr.-jun.
- Silva, D. C.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Oliveira, A. H.; Souza, F. S.; Martins, S. G.; Macedo, R. L. G. (2011) Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. *Revista de estudos ambientais (Online)* v.13, n. 1, p. 77-86.
- Silva, et al. (2012) *O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo*. ABC/SBPC, Brasília.
- Silva, G. A.; Cruz, L. S.; Gonçalves, F. D. S.; Mesquita, J. B. (2016) Crescimento da aroeira-vermelha no reflorestamento da Mata Ciliar. *Agroforestalis News*, Aracaju, v.1, n.1.
- Silva, G. N. (2014) *O cultivo intensivo do milho: consequências nos aspectos ambientais e técnicos na região Centro-Oeste de Sergipe*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Sergipe.
- Silva, J. A. A.; Nobre, A. D.; Manzatto, C. V.; Joly, C. A.; Rodrigues, R. R.; Skorupa, L. A.; Nobre, C. A.; Ahrens, S.; May, P. H.; Sá, T. D. A.; Cunha, M. C.; Rech Filho, E. L. (2011) *O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo*. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, SBPC; Academia Brasileira de Ciência, ABC.
- Silva, K. A. (2013) *Avaliação de uma área em restauração pós-mineração de bauxita, município de Descoberto, MG*. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG, 90f.

- Silva, K. A.; Martins, S. V.; Neto, A.; Campos, W. H. (2015) Semeadura direta com transposição de serapilheira como metodologia de restauração ecológica. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.811-820.
- Silva, L. S.; Alves, A. R.; Nunes, A. K. A.; Macedo, W. S.; Martis, A. R. (2015) Florística, estrutura e sucessão ecológica de um remanescente de mata ciliar na bacia do rio Gurguéia-PI. *Nativa*, Sinop, v. 03, n. 03, p.156-164.
- Silva, M. A. A. (2016) Avaliação da qualidade ambiental de áreas degradadas em recuperação: Fazenda do Poço (Jacareí/SP) – um estudo de caso. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, SP.
- Silva, M. W.; Correia, R. G.; Neves, R. L. P.; Senado, J. A. V.; Silva, E. J. S. (2015) Avaliação de indicadores econômicos de um Sistema Agroflorestal implantado no sudeste de Roraima. *Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – Vol 10*.
- Silva, P. K. S.; Feliciano, A. L. P.; Marangon, L. C.; Lima, R. B. A. (2012) Estrutura e síndrome de dispersão de espécies arbóreas em um trecho de mata ciliar, Sirinhaém, Pernambuco, Brasil. *Pesq. Flor. Bras.*, Colombo, v. 32, n. 69, p. 1-11.
- Silva, R. J. N.; Silva, M. M. Avaliação de sistemas agroflorestais e áreas degradadas com indicadores ambientais. *Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – Vol 8, No. 2, Nov 2013*.
- Silva, R. S., Vendruscolo, D. G. S, Rocha, J. R. M., Chaves, A. G. S., Souza, H. S., Motta, A. S. (2016) Desempenho Silvicultural de *Tectona grandis* L. f. em Diferentes Espaçamentos em Cáceres, MT. *Floresta e Ambiente* 2016; 23(3): 397-405.
- Silva, R. V. Estimativa de largura de faixa vegetativa para zonas ripárias: uma revisão. In: SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL: ZONAS RIPÁRIAS, 1, 2003. Florianópolis, Anais... Florianópolis: UFSC, 2003. p. 74-86. Disponível em: <http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/DocsDNN6/documentos/Largura_zonas_riparias2003.pdf>. Acesso em: 27 set. 2016.
- Silva, V. M.; Estevan, D. A.; Gorenstein, M. R.; Costa, C. D. P. (2015) Estrutura da comunidade arbórea do Parque Municipal Jirau Alto, Dois Vizinhos, Paraná. III Congresso de Ciência e Tecnologia da UTFPR-DV, 3ª Semana Acadêmica de Ciências Biológicas, HUB 2015, 21 e 22 de outubro de 2015, Dois Vizinhos-PR.
- Silveira, R. B.; Melloni, R.; Pereira, E. G. (2004) Atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores da recuperação de áreas degradadas, no sul de Minas Gerais. *Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais*, Curitiba, v.2, n.2, p. 21-29.
- Simão, M. V. R. C.; Fonseca, R. S.; Lima, G. A.; Leite, J. P. V.; Martins, S. V. (eds.) (2017) *Árvores da Mata Atlântica: livro ilustrado para identificação de espécies típicas de Floresta Estacional Semidecidual*. Manaus: s/n, 234p.

- Siqueira, F. F. (2015) Restauração da Mata Atlântica no vale do rio Paraíba do Sul, RJ: Buscando estratégias sustentáveis. Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- Siqueira, J. D. P. (1993) A legislação florestal brasileira e o desenvolvimento sustentado. In: Congresso Florestal Panamericano, 1.; Congresso Florestal Brasileiro, 7., 1993, Curitiba, Paraná. Anais... Curitiba, Paraná.
- Soares, A. A. V. (2012) Modelos de implantação de matas ciliares em margem de reservatório. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- Soares, A. A. V.; Botelho, S. A.; Davide, A. C.; Faria, J. M. R. (2016) Influence of ecological group composition, plantation spacing and arrangement in the restoration of riparian forest on reservoir shores. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1107-1118.
- Soares-Filho, et al. (2014) Cracking Brazil's Forest Code. *Science*, 344, pp.363–364, 2014.
- Souto, M. L. S. (2013) Desenvolvimento inicial de 15 espécies florestais nativas, plantadas ao final do período chuvoso, em uma área degradada por extração e compactação de solo no Distrito Federal. Tese (Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia), Brasília – DF, 89p.
- Souza, C. N. (2010) Diversidade de Fungos do Solo da Mata Atlântica. Dissertação (Mestrado). – Universidade Federal de Lavras.
- Souza, D. C. L.; Silva-Mann, R.; Melo, M. F. V. (2014) Indicadores de sustentabilidade para conservação genética de *Erythrina velutina* willd., em área de mata ciliar. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.38, n.6, p.1103-1113.
- Souza, L. M.; Faria, R. A. V. B.; Botelho, S. A.; Fontes, M. A. L.; Faria, J. M. R. (2012) Potencial da regeneração natural como método de restauração do entorno de nascente perturbada. *Cerne*, Lavras, v. 18, n. 4, p. 565-576, out./dez.
- Souza, M. C. S.; Piña-Rodrigues, F. C. M.; Casagrande, J. C.; Silva, S. F.; Scoriza, R. N. (2016) Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: uso da serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente. *FLORESTA*, Curitiba, PR, v. 46, n. 1, p. 75 - 82, jan. / mar.
- Souza, M. G. O. S. (2012) Crescimento de espécies florestais em povoamentos puros e sua influência sobre atributos edáficos em Trajano de Moraes, RJ. Dissertação (Mestrado – Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ.
- Sparovek, et al. (2010) Brazilian agriculture and environmental legislation: Status and future challenges *Environ. Sci. Technol.*, 44, pp. 6046–6053.

- Steffani, M.A. Implicações sócio-econômicas do cumprimento do código florestal: estudo de casos em unidades de produção familiares em Mariópolis-PR. 115f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.
- Stella, J. C.; Rodríguez-González, P. M.; Dufour, S.; Bendix, J. (2012) Riparian vegetation research in Mediterranean-climate regions: common patterns, ecological processes, and considerations for management. *Hydrobiologia*, 12 out.
- Suganuma, M. S.; Durigan, G. (2015) Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. *Restoration Ecology* Volume 23, Issue 3, pages 238–251.
- Swaine, M. I.; Lveitmore, T. C. (1988) On definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetation*, (75) 81-86.
- Sweeney, B. W.; Newbold, J. D. (2014) Streamside forest buffer width needed to protect stream water quality, habitat, and organisms: a literature review. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* 50(3): 560-584. 3 June.
- Tavares, S. R. de L.; Melo, A. da S.; Andrade, A. G. de; Rossi, C. Q.; Capeche, C. L.; Balieiro, F. de C.; Donagemma, G. K.; Chaer, G. M.; Polidoro, J. C.; Macedo, J. R. de; Prado, R. B.; Ferraz, R. P. D.; Pimenta, T. S. (2008) Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação / Sílvio Roberto de Lucena Tavares ... [et al.]. -- Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- Tomazi, A. L.; Zimmermann, C. E.; Laps, R. R. (2010) Poleiros artificiais como modelo de nucleação para restauração de ambientes ciliar: caracterização da chuva de sementes e regeneração natural. *Biotemas*, 23 (3): 125-135.
- Török, P.; Vida, E.; Deák, B. (2011) Grassland restoration on former croplands in Europe: an assessment of applicability of techniques and costs. *Biodivers Conserv.*, 20:2311–2332.
- Totti, M. E. F. (2008) Gestão das águas na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul: Governança, instituição e atores. Tese de Doutorado. Programa de Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes.
- Tres, D. R.; Sant'Anna, C.S.; Basso, S.; Langa, R.; Ribas Jr., U.; Reis, A. (2007) Poleiros artificiais e transposição de solo para a restauração nucleadora em áreas ciliares. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 312-314, jul.
- Uriarte, M.; Anciaes, M.; Silva, M. T. B.; Rubim, P.; Johnson, E.; Bruna, E. M. (2011) Disentangling the drivers of reduced long-distance seed dispersal by birds in an experimentally fragmented landscape. *Ecology*, Vol. 92, No. 4.

- Valdez-Hernández, M; Sánchez, O.; Islebe, G. A.; Snook, L. K.; Negreros-Castillo, P. (2014) Recovery and early succession after experimental disturbance in a seasonally dry tropical forest in Mexico. *Forest Ecology and Management* 334 (2014) 331–343.
- Varella, L. B. (2003) Sustentabilidade e prospectiva do sistema Taungya em comparação com a roça tradicional na Zona Bragantina do Estado do Pará. *Movendo Ideias*, v.8, n.14, p.73-85.
- Vasquez, B. A. F.; Machado, M. R. F. (2012) Recuperação de mata ciliar em dois trechos do rio Jacuí/RS, Brasil. *REA – Revista de estudos ambientais (Online)* v. 14, n. 2esp, p. 84-95.
- Venturoli, F.; Venturoli, S.; Borges, J. D.; Castro, D. S.; Souza, D. M.; Monteiro, M. M.; Calil, F. N. (2013) Incremento de espécies arbóreas em plantio de recuperação de área degradada em solo de cerrado no Distrito Dederal. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 143-151.
- Viana, M. C. M.; Freire, F. M.; Lara, J. F. R.; Guimarães, C. G.; Macêdo, G. A. R.; Neto, M. M. G.; Teixeira, M. F. F. (2010) Características agronômicas do milho cultivado para silagem no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: Congresso nacional no milho e Sorgo, 28.; Simpósio brasileiro sobre a lagarta do cartucho, 4., 2010, Goiânia. Potencialidades, desafios e sustentabilidade. Anais... Goiânia: ABMS.
- Viani, R. A. G.; Vidas, N. B.; Pardi, M. M.; Castro, D. C. V.; Gusson, E.; Brancalion, P. H. S. (2015) Animal-dispersed pioneer trees enhance the early regeneration in Atlantic Forest restoration plantations. *Natureza & Conservação*, v. 13, p. 41–46.
- Vieira, D. C. M.; Gandolfi, S. (2006) Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 29, n.4, p.541-554.
- Vogel, H. F.; Spotswood, E.; Campos, J. B.; Bechara, F. C. (2016) Annual changes in a bird assembly on artificial perches: implications for ecological restoration in a subtropical agroecosystem. *Biota Neotrop* 16:1–9.
- Volpato, G. H.; Lopes, E. V.; Anjos, L. dos.; Martins, S. V. (2012) O papel ecológico das aves dispersoras de sementes na restauração ecológica. In: MARTINS, S.V. (Ed.) *Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados*, Viçosa, MG: Ed. UFV, p.191-211.
- Wendling, B.; Vinhal-Freitas, I. C.; Oliveira, R. C.; Babata, M. M.; Borges, E. M. (2012) Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 256-265.
- Yarranton, G. A.; Morrinson, R. G. (1974) Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. *Journal of Ecology*, v.62, n.2, p.417-428.

- Yeong, K. L.; Glen Reynolds, G.; Hill, J. K. (2016) Enrichment planting to improve habitat quality and conservation value of tropical rainforest fragments. *Biodivers Conserv*, 25:957–973.
- Zahawi, R. A.; Holl, K. D.; Cole, R. J.; Reid, J. L. (2013) Testing applied nucleation as a strategy to facilitate tropical forest recovery. *J Appl Ecol*, 50: 88–96.
- Zimmermann, F. J. P. (2004) Estatística aplicada à pesquisa agrícola. EMBRAPA

APÊNDICE A

Tabela 1A: Análise de variância da sobrevivência das espécies florestais nativas por grupo ecológico (Pioneiras e Não Pioneiras) e entre diferentes sistemas de manejos (Plantio Convencional e Taungya), na recuperação de áreas ciliares degradadas, quatro anos após o plantio em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

Causas de variação	Sobrevivência	
	G.L.	Q.M.
Tratamento (T)	1	0,18 ^{ns}
Grupo Ecológico (GE)	1	0,0036 ^{ns}
T * GE	1	0,017 ^{ns}
Tratamentos	3	0,06
Bloco	3	0,4
Resíduo	9	0,38
CV (%)		7,42

** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{ns}Não significativo pelo teste F (5%).

Dados de sobrevivências transformados para $\sqrt{x + 1/2}$.

Tabela 2A: Análise de variância da Área de Copa e Percentual de Cobertura de copas (Cob. Copas) e Área Basal das espécies florestais nativas entre dois tratamentos (Plantio Convencional e Taungya), na recuperação de áreas ciliares degradadas, quatro anos após o plantio em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

Causas de variação	G.L.	Área da Copa	Cob. Copas	Área Basal
		Q.M.	Q.M.	Q.M.
Bloco (B)	3	0.063	0,052	0,000083
Tratamento (T)	1	0.027 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,000039 ^{ns}
T * B	3	0.138**	0,119**	0,000086
Ano (A)	3	3.468**	2,865**	0,000254**
A * T	3	0.0115 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,000003 ^{ns}
Resíduo	18	0.0072	0,007	0,000006
CV (%)		4,67	7,22	2,51

** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{ns} Não significativo pelo teste F (5%).

Dados de área da copa e cobertura das copas foram transformados para $\log(x)+1$; área basal transformados para $\sqrt{x} + 1$

Tabela 3A: Análise de variância da altura (IH), diâmetro a altura do solo (DAS), área da copa, percentual de cobertura de copas (Cob. Copas) e Área Basal das espécies florestais nativas por grupo ecológico (Pioneiras e Não Pioneiras) e entre dois tratamentos (Plantio Convencional e Taungya), na recuperação de áreas ciliares degradadas, quatro anos após o plantio em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

Causas de variação	G.L.	H	DAS	Área de Copa	Cob. Copas	Área Basal
		Q.M.				
Ano (A)	3	13,13**	154**	181,34 **	3626,98**	0,099 **
Tratamento (T)	1	0,01 ^{ns}	0,23 ^{ns}	6,51 ^{ns}	117,63 ^{ns}	0,0059 ^{ns}
Grupo Ecológico (GE)	1	1,16 **	1,52 ^{ns}	13,73 *	4331,09**	0,073 *
A * T	3	0,06 ^{ns}	0,79 ^{ns}	5,22 ^{ns}	97,3 ^{ns}	0,005 ^{ns}
A * GE	3	0,13 ^{ns}	0,23 ^{ns}	3,83 ^{ns}	1271,32**	0,037 *
T * GE	1	0,068 ^{ns}	0,71 ^{ns}	12,61 ^{ns}	205,86 ^{ns}	0,0026 ^{ns}
A * T * GE	3	0,044 ^{ns}	0,3 ^{ns}	4,41 ^{ns}	100,32 ^{ns}	0,0034 ^{ns}
Tratamentos	15	2,88	32,83	41,16	1329,49	0,034
Bloco	3	0,11	1,07	3,38	183,05	0,012
Resíduo	45	0,07	0,66	3,16	123,53	0,010
CV (%)		17,91	23,04	7,35	10,42	1,97

** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{ns} Não significativo pelo teste F (5%). Dados de área da copa e cobertura das copas foram transformados para $\log(x)+1$; área basal transformados para $\sqrt{x} + 1$

Tabela 4A: Análise de variância dos atributos químicos do solo, na profundidade de 0 a 10 cm, aos quatro anos, comparados entre quatro sistemas de manejo (Isolamento, Plantio Convencional – PC, Taungya e Nucleação) e três épocas de coleta, em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, no município de Itaocara, RJ.

Causas de variação	GL	pH	P	K	Ca	Mg	H+AL	MO	SB	T	V	t
		Q.M.										
Trat. (T)	3	0,15**	24,89**	955,5 ^{ns}	1,47**	1,12**	5,39**	51,92*	5,39**	10,1**	112,45 ^{ns}	4,92**
Coleta (C)	2	0,16**	28,38**	7020,08**	1,61**	2,25*	4,1**	138,91**	8,18**	11,81**	760,41**	6,24**
T * C	6	0,07*	12,86**	2619,08**	0,69**	0,37 ^{ns}	311**	26,32 ^{ns}	2,17*	3,82*	102,84 ^{ns}	1,97*
Trat.	11	0,11	18,96	2965,56	1,07	0,92	9,91	53,77	4,14	6,99	225,02	3,55
Bloco	3	0,09	12,63	1590,94	0,29	0,62	0,08	17,64	1,59	2,2	142,32	1,53
Resíduo	33	0,81	1,19	502,47	0,19	0,17	0,41	13,78	0,76	1,3	111,41	0,73
CV (%)		0,024	26,86	24,34	35,97	49,54	21,12	23,83	37,32	19,98	26,72	34,46

** Significativo a 1%; * Significativo a 5%; ^{ns} Não significativo pelo teste F (5%).

Tabela 5A: Análise de variância da densidade aparente do solo na camada de 0 a 5 cm em relação a diferentes sistemas de manejos (Isolamento, Plantio Convencional, Taungya e Nucleação) propostos para recuperação de mata ciliar degradada às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

Causas de variação	Densidade Aparente	
	G.L.	Q.M.
Tratamento (T)	7	0,244**
Bloco (C)	3	0,2446*
T * C	21	0,0033*
Resíduo	96	0,081
CV (%)		7,5

** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{ns}Não significativo pelo teste F (5%).

Tabela 6A: Análise de variância da densidade aparente do solo na camada de 0 a 5 cm em relação a diferentes sistemas de manejos (Isolamento, Plantio Convencional, Taungya e Nucleação) propostos para recuperação de mata ciliar degradada às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

Causas de variação	Densidade Aparente	
	G.L.	Q.M.
Tratamento (T)	3	0,0032**
Bloco (B)	3	0,005**
Resíduo	9	0,00033
CV (%)		1,5

** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{ns}Não significativo pelo teste F (5%).

Tabela 7A: Análise de variância da contagem de Bactérias e fungos na camada de 0-5 cm de solo, entre as épocas de coleta, em relação a diferentes sistemas de manejos (Isolamento, Plantio Convencional, Taungya e Nucleação) propostos para recuperação de mata ciliar degradada às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

Causas de variação	Bactérias		Fungos
	G.L.	Q.M.	
Bloco (B)	3	2,720243 ¹¹	2,357126 ⁷
Tratamento (T)	3	8,118568 ^{11 ns}	5,906034 ^{7 ns}
T * B	9	2,489602 ¹¹	4,337821 ⁷
Coleta (C)	3	2,645394 ^{12 *}	5,301470 ^{7 ns}
T * C	9	4,118589 ^{11 *}	2,9260560 ^{7 ns}
Resíduo	36	1,691605 ¹¹	2,984155 ⁷
CV (%)		65,9	50,39

** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ns Não significativo pelo teste F (5%).

Tabela 8A: Análise de variância da contagem de Bactérias e fungos na camada de 0-5 cm de solo, entre as épocas de coleta, em relação a diferentes sistemas de manejos (Isolamento, Nucleação 1, 2 e 3) propostos para recuperação de mata ciliar degradada às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

Causas de variação	Bactérias		Fungos
	G.L.	Q.M.	
Bloco (B)	3	2,609068 ¹⁰	2,109408 ⁷
Tratamento (T)	3	4,304145 ^{10 ns}	1,773875 ^{7 ns}
T * B	9	5,260893 ¹⁰	1,726692 ⁷
Coleta (C)	3	1,265401 ^{12 *}	4,530144 ^{7 ns}
T * C	9	4,593442 ^{10 ns}	1,317363 ^{7 ns}
Resíduo	36	9,362032 ¹⁰	2,363007 ⁷
CV (%)		65,9	50,39

** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ns Não significativo pelo teste F (5%).

Núcleo 1 = Amostra no centro do núcleo; Núcleo 2 = Amostra a 0,5 m da extremidade de cada núcleo; Núcleo 3 = Amostra a 1 m da extremidade de cada núcleo.

Tabela 9A. Atributos químicos do solo* por bloco, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm e 20-40 cm, antecedendo a implantação do experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO POR BLOCO																						
BLOCO	pH	P *	K *	Ca	Mg	Al	H + Al	Na	C	MO	S.B.	T	T	m	V	Fe	Cu	Zn	Mn	S	B	
		--mg/dm ³ --		----- cmol _c /dm ³ -----					-%-	g/dm ³	---	cmol _c /dm ³ ----			----- % --		-----mg/dm ³ -----					
Profundidade 0 -10																						
I	5,7	5	144	1,7	1	0,1	3,6	0,04	1,11	19,1	3,1	6,7	3,2	3	46	60,3	1,2	2,9	19,1	8,8	0,19	
II	5,8	5	174	1,2	0,6	0,1	2,9	0,06	0,87	15	2,3	5,2	2,4	4	44	50	0,8	2,1	16,1	8,2	0,18	
III	5,7	8	144	1	0,6	0,1	3	0,05	0,96	16,6	2	5	2,1	5	40	52	0,7	2,4	14,9	7,5	0,15	
IV	5,8	6	154	1,2	0,8	0,1	3	0,11	1,06	18,3	2,5	5,5	2,6	4	45	84	0,9	2,6	16,6	6,4	0,12	
Profundidade 10-20 cm																						
I	5,6	2	79	1,8	0,9	0,2	3,9	0,07	1,01	17,4	3	6,9	3,2	6	43	63,4	1	2,4	21,1	7,9	0,22	
II	5,4	3	72	1	0,5	0,3	3,3	0,05	0,87	15	1,7	5	2	15	34	59	0,8	1,9	19,1	6,8	0,16	
III	5,3	4	79	0,9	0,4	0,4	3	1,06	0,77	13,3	1,6	4,6	2	20	35	56	0,7	1,9	15,5	5,4	0,16	
IV	5,5	4	79	1,1	0,6	0,3	3,1	0,13	0,96	16,6	2	5,1	2,3	13	40	70,7	0,8	2,1	15,1	8,3	0,11	
Profundidade 20-40 cm																						
I	5,4	2	67	1,0	0,6	0,2	3,0	0,02	0,68	11,7	1,8	4,8	2,0	10	37	31,0	1,0	1,2	16,2	19,6	0,30	
II	5,4	3	60	0,8	0,5	0,3	3,3	0,02	0,77	13,3	1,5	4,8	1,8	17	31	37,0	1,0	1,3	19,0	12,0	0,32	
III	5,3	4	91	0,9	0,4	0,2	3,4	0,01	0,77	13,3	1,5	4,9	1,7	11	31	35,0	0,7	1,3	20,5	9,2	0,32	
IV	5,5	3	60	0,8	0,5	0,2	3,0	0,06	0,73	12,6	1,5	4,5	1,7	12	34	53,0	0,9	1,3	21,2	8,5	0,27	

* Análises realizadas pelo Centro de Análises da Universidade Estadual Rural do Rio Janeiro, Campus Campos dos Goytacazes. Extrator Carolina do Norte. Extrato Carolina do Norte.

(pH) em água - Relação 1:2,5; (P e K - mg/dm³) - Extrator Mehlich-1; (H + Al - cmol_c/dm³) - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol.L⁻¹ - pH 7,0; (t - cmol_c/dm³) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; (V - %) - Índice de Saturação por Bases; (Ca²⁺ e Mg²⁺ - cmol_c/dm³) - Extrator: KCl - 1 mol.L⁻¹; (SB - cmol_c/dm³) - Soma de Bases Trocáveis; (T - cmol_c/dm³) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; (MO - Mat. orgânica - g/dm³) - C.Org x 1,724 -Walkley-Black

Tabela 10A. Valores médios para macronutrientes, matéria orgânica e carbono, obtidos a partir de análise do solo, comparados entre duas profundidades de coleta e entre dois sistemas de manejos (Plantio e Taungya), para recuperação de mata ciliar às margens do Rio Paraíba do Sul no município de Itaocara, RJ

VARIÁVEIS	UNIDADES	SISTEMA DE PLANTIO	
		PLANTIO	TAUNGYA
pH em água	-	5,55 a	6,06 a
Fósforo (P)	mg dm ⁻³	5,0 b	7,5 a
Potássio (K)	mg dm ⁻³	117,12	88,37 a
Cálcio (Ca)	cmol _c dm ⁻³	1,06 b	2,36 a
Magnésio (Mg)	cmol _c dm ⁻³	0,62 b	1,56 a
Enxofre (S)	mg dm ⁻³	9,56 a	16,8 a
Acidez potencial (H + Al)	cmol _c dm ⁻³	3,88 a	3,77 a
Soma de bases (SB)	cmol _c dm ⁻³	2,012 b	4,38 a
CTC a pH 7 (T)	cmol _c dm ⁻³	5,90 b	8,15 a
Saturação por bases (V)	%	34,09 b	51,17 a
Ferro (Fe)	mg dm ⁻³	50,25 a	42,33 a
Cobre (Cu)	mg dm ⁻³	1,57 b	2,33 a
Zinco (Zn)	mg dm ⁻³	2,43 b	3,46 a
Manganês (Mn)	mg dm ⁻³	28,77 b	39,54 a
Boro (B)	mg dm ⁻³	0,17 a	0,19 a
Matéria orgânica (MO)	g dm ⁻³	14,28 b	18,16 a
Carbono	%	0,82 b	1,05 a

*Médias seguidas pela mesma letra na linha, dentro de cada variável não diferem entre si pelo Teste Tukey (5%).

* Análises realizadas pelo Centro de Análises da Universidade Estadual Rural do Rio Janeiro, Campus Campos dos Goytacazes. Extrator Carolina do Norte. Extrato Carolina do Norte.

(pH) em água - Relação 1:2,5; (P e K - mg/dm³) - Extrator Mehlich-1; (H + Al - cmol_c/dm³) - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol.L⁻¹ - pH 7,0; (t - cmol_c/dm³) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; (V - %) - Índice de Saturação por Bases; (Ca²⁺ e Mg²⁺ - cmol_c/dm³) - Extrator: KCl - 1 mol.L⁻¹ ; (SB - cmol_c/dm³) - Soma de Bases Trocáveis; (T - cmol_c/dm³) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; (MO - Mat. orgânica - g/dm³) - C.Org x 1,724 -Walkley-Black

Tabela 11A. Valores médios para atributos químicos, obtidos a partir de análise do solo, na profundidade de 0 a 10 cm, comparados entre dois sistemas de manejo (Isolamento, Plantio Convencional – PC, Taungya e Nucleação) aos oito meses após a implantação do experimento às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

SISTEMAS	pH	P *	K *	Ca	Mg	Al	H +Al	Na	C	MO	S.B.	T	t	m	V	Fe	Cu	Zn	Mn	S	B
		--mg/dm ³ --		-----cmol _c /dm ³ -----					%	g/dm ³		--cmol _c /dm ³ --		-----%				-----mg/dm ³ -----			
PC	5,7	6,0	142,0	1,1	0,7	0,1	3,8	0,0	0,9	15,8	2,2	6,0	2,3	5,4	36,9	51,9	1,7	2,7	32,3	8,1	0,1
TAUNGYA	5,9	10,3	102,5	2,5	1,6	0,1	4,2	0,1	1,2	20,3	4,4	8,6	4,5	3,0	50,1	49,9	2,6	4,0	46,4	14,5	0,2

* Análises realizadas pelo Centro de Análises da Universidade Estadual Rural do Rio Janeiro, Campus Campos dos Goytacazes. Extrator Carolina do Norte. Extrato Carolina do Norte.

(pH) em água - Relação 1:2,5; (P e K - mg/dm³) - Extrator Mehlich-1; (H + Al - cmol_c/dm³) - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol.L⁻¹ - pH 7,0; (t - cmol_c/dm³) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; (V - %) - Índice de Saturação por Bases; (Ca²⁺ e Mg²⁺ - cmol_c/dm³) - Extrator: KCl - 1 mol.L⁻¹ ; (SB - cmol_c/dm³) - Soma de Bases Trocáveis; (T - cmol_c/dm³) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; (MO - Mat. orgânica - g/dm³) - C.Org x 1,724 -Walkley-Black

Tabela 12A: Análise de variância da cobertura do solo por espécies herbáceas, entre duas avaliações (dezembro de 2016 e dezembro/2016) realizadas em experimento instalado às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

Causas de variação	Sobrevivência	
	G.L.	Q.M.
Avaliação (Av)	1	1851,51**
Tratamentos (T)	3	3531,51**
Amostras (Am)	4	323,01 ^{ns}
Av * T	3	581,84**
Av * Am	4	127,46 ^{ns}
T * Am	12	178,27 ^{ns}
Av * T * Am	12	127,04 ^{ns}
Tratamentos	39	504,03
Bloco	3	1203,19
Resíduo	127	188,19
CV (%)		

** Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{ns}Não significativo pelo teste F (5%).

Tabela 13A. Valores médios para atributos químicos, obtidos a partir de análise do solo, na profundidade de 0 a 10 cm, comparados entre os sistemas de manejo (Isolamento, Plantio Convencional – PC, Taungya e Nucleação), aos quatro anos após a implantação do experimento às margens do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste Fluminense.

SISTEMAS	pH	P *	K *	Ca	Mg	H +Al	MO	S.B.	T	t	V
		-----mg.dm ⁻³ -----		-----cmol _c .dm ⁻³ -----			--g.dm ⁻³ --		-----cmol _c .dm ⁻³ -----		-----%
Isolamento	5,47	2,55	104,25	1,58	1,39	3,03	21,23	3,23	6,26	3,23	51,45
PC	5,46	4,00	97,25	1,08	0,96	3,15	16,00	2,29	5,44	2,29	42,10
Taungya	5,57	4,75	103,00	1,91	1,82	3,93	22,18	4,00	7,92	4,00	48,35
Nucleação	5,30	3,30	139,00	1,38	0,75	3,48	15,00	2,48	5,96	2,63	45,68

* Análises realizadas pelo Centro de Análises da Universidade Estadual Rural do Rio Janeiro, Campus Campos dos Goytacazes. Extrator Carolina do Norte. Extrato Carolina do Norte.

(pH) em água - Relação 1:2,5; (P e K – mg.dm⁻³) - Extrator Mehlich-1; (H + Al - cmol_c.dm⁻³) - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol.L⁻¹ - pH 7,0; (t - cmol_c/dm³) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; (V - %) - Índice de Saturação por Bases; (Ca²⁺ e Mg²⁺ - cmol_c/dm³) - Extrator: KCl - 1 mol.L⁻¹; (SB - cmol_c/dm³) - Soma de Bases Trocáveis; (T - cmol_c/dm³) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; (MO - Mat. orgânica - g/dm³) - C.Org x 1,724 -Walkley-Black

APÉNDICE B

LEI	GOI	CAJ	GOI	LEI	CAJ	LEI	LEI
GOI	CAJ	MOL	LEI	PAF	LEI	GAB	CAJ
CAJ	GEN	LEI	ARP	MOL	ING	CAJ	ARO
GOI	GOI	PIT	CAJ	LEI	CAJ	ING	CAJ
LEI	GAB	LEI	GEN	CAJ	ARP	LEI	LEI
CAJ	PIT	PAF	LEI	PIT	LEI	MOL	CAJ
LEI	CAJ	GOI	CAJ	GOI	CAJ	LEI	LEI

Figura 1B. Disposição das espécies arbóreas nativas no BI T2.

BI = Bloco 1; T2 = Tratamento 2 (plantio convencional de espécies arbóreas); MON = Monjolo, GOI = Goiaba, CAJ = Caju, ARO = Aroeira, LEI = Leiteira, GAB = Gabiroba, PAF = Pau ferro, PIT = Pitanga, MOL = Mololo, ARP = Araça, ING = Ínga, JEN = Jenipapo.

MON	GOI	CAJ	MON	MON	ARO	LEI	ARO
GOI	CAJ	MOL	MON	PAF	MON	GAB	CAJ
CAJ	GEN	MON	ARP	LEI	ING	CAJ	CAJ
CAJ	MON	PIT	LEI	MOL	CAJ	ING	MON
MON	GAB	MON	GEN	CAJ	ARP	MON	ARO
ARO	LEI	PAF	CAJ	PIT	MON	MOL	MON
LEI	ARO	CAJ	ARO	MON	ARO	LEI	GOI

Figura 2B. Disposição das espécies arbóreas nativas no BII T2.

BII = Bloco 2; T2 = Tratamento 2 (plantio convencional de espécies arbóreas); MON = Monjolo, GOI = Goiaba, CAJ = Caju, ARO = Aroeira, LEI = Leiteira, GAB = Gabiroba, PAF = Pau ferro, PIT = Pitanga, MOL = Mololo, ARP = Araça, ING = Ínga, JEN = Jenipapo.

LEI	GOI	CAJ	GOI	LEI	LEI	LEI	LEI
GOI	CAJ	MOL	CAJ	PAF	LEI	GAB	CAJ
CAJ	GEN	LEI	ARP	LEI	ING	CAJ	CAJ
CAJ	LEI	CAJ	LEI	MOL	CAJ	ING	LEI
LEI	GAB	PIT	GEN	CAJ	ARP	LEI	MON
LEI	CAJ	PAF	CAJ	PIT	LEI	MOL	LEI
CAJ	LEI	CAJ	LEI	LEI	LEI	LEI	GOI

Figura 3B. Disposição das espécies arbóreas nativas no BIII T2.

BIII = Bloco 3; T2 = Tratamento 2 (plantio convencional de espécies arbóreas); MON = Monjolo, GOI = Goiaba, CAJ = Caju, ARO = Aroeira, LEI = Leiteira, GAB = Gabiroba, PAF = Pau ferro, PIT = Pitanga, MOL = Mololo, ARP = Araça, ING = Ínga, JEN = Jenipapo.

MON	GOI	CAJ	MON	MON	ARO	LEI	ARO
GOI	CAJ	MOL	MON	PAF	MON	GAB	CAJ
CAJ	GEN	MON	ARP	LEI	ING	CAJ	CAJ
CAJ	MON	PIT	LEI	MOL	CAJ	ING	MON
MON	GAB	MON	GEN	CAJ	ARP	MON	ARO
ARO	LEI	PAF	CAJ	PIT	MON	MOL	MON
LEI	ARO	CAJ	ARO	MON	ARO	LEI	GOI

Figura 4B. Disposição das espécies arbóreas nativas no BIVT2.

BIV = Bloco 4; T2 = Tratamento 2 (plantio convencional de espécies arbóreas); MON = Monjolo, GOI = Goiaba, CAJ = Caju, ARO = Aroeira, LEI = Leiteira, GAB = Gabiroba, PAF = Pau ferro, PIT = Pitanga, MOL = Mololo, ARP = Araça, ING = Ínga, JEN = Jenipapo.

MON	GOI	CAJ	MON	MON	ARO	LEI	CAJ
GOI	MOL	MOL	MON	PAF	MON	GAB	ARO
CAJ	GEN	MON	ARP	LEI	ING	CAJ	CAJ
CAJ	MON	PIT	LEI	MOL	CAJ	ING	MON
MON	MOL	MON	GEN	CAJ	ARP	MON	ARO
ARO	LEI	PAF	CAJ	PIT	MON	MOL	MON
LEI	ARO	CAJ	ARO	MON	ARO	LEI	GOI

Figura 5B. Disposição das espécies arbóreas nativas no BIT3.

BI = Bloco1; T3 = Tratamento 3 (taungya); MON = Monjolo, GOI = Goiaba, CAJ = Caju, ARO = Aroeira, LEI = Leiteira, GAB = Gabiroba, PAF = Pau ferro, PIT = Pitanga, MOL = Mololo, ARP = Araça, ING = Ínga, JEN = Jenipapo.

MON	GOI	CAJ	MON	MON	ARO	LEI	ARO
GOI	CAJ	MOL	MON	PAF	MON	GAB	CAJ
CAJ	GEN	MON	ARP	LEI	ING	CAJ	CAJ
CAJ	MON	PIT	LEI	MOL	CAJ	ING	MON
MON	GAB	MON	GEN	CAJ	ARP	MOL	ARO
ARO	LEI	PAF	CAJ	PIT	MON	MON	MON
LEI	ARO	CAJ	ARO	MON	ARO	LEI	GOI

Figura 6B. Disposição das espécies arbóreas nativas no BIIT3.

BII = Bloco 2; T3 = Tratamento 3 (taungya); MON = Monjolo, GOI = Goiaba, CAJ = Caju, ARO = Aroeira, LEI = Leiteira, GAB = Gabiroba, PAF = Pau ferro, PIT = Pitanga, MOL = Mololo, ARP = Araça, ING = Ínga, JEN = Jenipapo.

LEI	GOI	CAJ	MON	MON	ARO	LEI	ARO
GOI	CAJ	MOL	MON	PAF	MON	GAB	CAJ
CAJ	GEN	MON	ARP	LEI	CAJ	CAJ	CAJ
CAJ	LEI	PIT	LEI	MOL	ING	ING	MON
LEI	GAB	LEI	GEN	CAJ	ARO	MON	ARO
MON	LEI	PAF	CAJ	PIT	MON	MOL	MON
LEI	ARO	CAJ	ARO	MON	ARO	LEI	GOI

Figura 7B. Disposição das espécies arbóreas nativas no BIIT3.

BIIT = Bloco 3; T3 = Tratamento 3 (taungya); MON = Monjolo, GOI = Goiaba, CAJ = Caju, ARO = Aroeira, LEI = Leiteira, GAB = Gabiroba, PAF = Pau ferro, PIT = Pitanga, MOL = Mololo, ARP = Araça, ING = Ínga, JEN = Jenipapo.

MON	GOI	CAJ	MON	MON	ARO	LEI	ARO
GOI	CAJ	MOL	MON	PAF	MON	GAB	CAJ
CAJ	GEN	MON	ARP	LEI	ING	CAJ	CAJ
CAJ	MON	PIT	LEI	MOL	CAJ	ING	MON
MON	GAB	MON	GEN	CAJ	ARP	MON	ARO
ARO	LEI	PAF	CAJ	PIT	MON	MOL	MON
LEI	ARO	CAJ	ARO	MON	ARO	LEI	GOI

Figura 8B. Disposição das espécies arbóreas nativas no BIVT3.

BIV = Bloco 4; T3 = Tratamento 3 (taungya); MON = Monjolo, GOI = Goiaba, CAJ = Caju, ARO = Aroeira, LEI = Leiteira, GAB = Gabiroba, PAF = Pau ferro, PIT = Pitanga, MOL = Mololo, ARP = Araça, ING = Ínga, JEN = Jenipapo.