

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

**DISSERTAÇÃO**

**CONTROLE DE BRAQUIÁRIA USANDO PLANTAS DE COBERTURA,  
CONTROLE MECÂNICO E QUÍMICO EM SISTEMA  
AGROFLORESTAL**

**SILAS LIMA BITTENCOURT**

**2023**



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

**CONTROLE DE BRAQUIÁRIA USANDO PLANTAS DE COBERTURA,  
CONTROLE MECÂNICO E QUÍMICO EM SISTEMA  
AGROFLORESTAL**

**SILAS LIMA BITTENCOURT**

*Sob a orientação do Pesquisador  
Sérgio Miana de Faria*

Dissertação submetida como requisito  
parcial para obtenção do título de  
**Mestre em Ciências**, no Programa de  
Pós-Graduação em Ciências  
Ambientais e Florestais, Área de  
Concentração em Silvicultura e Manejo  
Florestal e Conservação da Natureza.

Seropédica, RJ  
Maio de 2023

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

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

B624c Bittencourt, Silas Lima, 1991-  
Controle de braquiária usando plantas de  
cobertura, controle mecânico e químico em sistema  
agroflorestal / Silas Lima Bittencourt. - Seropédica  
RJ, 2023.  
55 f.: il.

Orientador: Sérgio Miana de Faria.  
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Ambientais e Florestais, 2023.

1. Controle de invasoras. 2. Cobertura verde. 3.  
Sistemas agroflorestais. I. Faria, Sérgio Miana de,  
1958-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio  
de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciências  
Ambientais e Florestais III. Título.

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

**SILAS LIMA BITTENCOURT**

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

**DISSERTAÇÃO APROVADA EM 31/03/2023**

---

Sérgio Miana de Faria. Ph.D. Embrapa Agrobiologia  
(Orientador)

---

Eliane Maria Ribeiro da Silva. Ph.D. UFRRJ

---

José Guilherme Marinho Guerra. Dr. Embrapa Agrobiologia



**TERMO Nº 714/2024 - PPGCAF (12.28.01.00.00.00.00.27)**

(*Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO*)

(Assinado digitalmente em 03/09/2024 11:21 )

SERGIO MIANA DE FARIA

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ####.####.127-##

(Assinado digitalmente em 04/09/2024 10:13 )

JOSÉ GUILHERME MARINHO GUERRA

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ####.###.857-##

(Assinado digitalmente em 03/09/2024 14:49 )

ELIANE MARIA RIBEIRO DA SILVA

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ####.###.027-##

(Assinado digitalmente em 06/09/2024 09:35 )

GUILHERME MONTANDON CHAER

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ####.###.036-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: 714, ano: 2024, tipo:  
**TERMO**, data de emissão: 03/09/2024 e o código de verificação: f85e40b883

## **DEDICATÓRIA**

*À Deus, pela força e coragem durante esta caminhada.  
À minha amada esposa Elaine dos Santos Batista Bittencourt.  
Aos meus pais Raimundo Bittencourt Aguiar e Imaculada Aparecida Lima Bittencourt.  
**Dedico.***

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço à Deus, pela oportunidade e força durante essa jornada.

A minha amada esposa Elaine dos Santos Batista Bittencourt, pela companhia e apoio incondicional.

Aos meus pais Raimundo Bittencourt Aguiar e Imaculada Aparecida Lima Bittencourt por todo amor e dedicação.

Ao Prof. Dr. Sérgio Miana de Faria por me aceitar como orientando, pelo tempo, dedicação e suporte.

Ao. Prof. Dr. Guilherme Montandon Chaer, pela coorientação e apoio.

Ao Dr. Izar Araújo Aximoff, pelo apoio na coleta de dados.

Ao Dr. Áthila Leandro de Oliveira, ao Sr. Carlos Fernando da Cunha, ao aluno Jonini Braga Baldim Filho e todos que contribuíram na coleta de dados.

Ao Dr. José Guilherme Marinho Guerra e Dra. Eliane Maria Ribeiro da Silva pelas orientações durante a avaliação do trabalho.

A toda equipe da Embrapa Agrobiologia que, direta ou indiretamente, apoiou e contribuiu com a realização deste projeto.

Ao proprietário da Fazenda Três Quedas, o Sr. Joaquim Calmon pela disponibilidade, interesse a apoio na implantação do experimento.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e Embrapa Agrobiologia, por todo o suporte para realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

BITTENCOURT, Silas Lima. Brachiaria control utilizing cover crops, mechanical, and chemical control in agroforestry system. 2023. 55p Dissertation (Master's in Environmental and Forestry Sciences). Institute of Forests. Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

O estudo avaliou métodos de controle de braquiária em sistema agroflorestal no RJ, comparando semeadura de espécies de cobertura do solo, controle mecânico e químico. O delineamento foi em blocos casualizados com oito tratamentos e quatro repetições. Avaliou-se a fitomassa da parte aérea da braquiária e custos de implantação. Os resultados indicaram que a semeadura das espécies de cobertura reduz a fitomassa aérea da braquiária, com redução da efetividade após 120 dias. O monocultivo de feijão-de-porco apresenta resultados similares à mistura de leguminosas. Apesar do menor custo no controle químico, é fundamental considerar as vantagens das utilizações das espécies de cobertura de solo.

**Palavras-chave:** controle de invasoras, cobertura verde, sistemas agroflorestais.

## **ABSTRACT**

BITTENCOURT, Silas Lima. Brachiaria control utilizing cover crops, mechanical, and chemical control in agroforestry system. 2023. 55p Dissertation (Master's in Environmental and Forestry Sciences). Institute of Forests. Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

The study assessed methods for controlling signalgrass in agroforestry systems in Rio de Janeiro, comparing soil cover crop sowing, mechanical, and chemical control. The experimental design used randomized blocks with eight treatments and four replications. Phytomass of signalgrass's aerial part and implementation costs were evaluated. The results indicated that sowing cover crop species reduces signalgrass aerial phytomass, with effectiveness declining after 120 days. Monoculture of jack bean shows similar results to legume mixtures. Despite lower costs in chemical control, it's crucial to consider the advantages of using soil cover species.

**Keywords:** weed control, cover crops, agroforestry systems.

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Localização da área experimental, situada no distrito de Lídice, município de Rio Claro – RJ .....	10
<b>Figura 2</b> - Espacialização dos blocos experimentais na área de SAF, localizada na Fazenda Três Quedas situada no distrito de Lídice, município de Rio Claro – RJ.....	12
<b>Figura 3</b> – (A) Demarcação dos blocos e parcelas experimentais. (B) Operação de roçagem utilizando roçadeira lateral. (C) Preparo dos sulcos de plantio com enxadão. (D) Inoculação das espécies leguminosas com estirpes recomendadas de bactérias do gênero <i>Rhizobium</i> . (E e F) Semeadura das espécies de cobertura nos sulcos de plantio. ....	14
<b>Figura 4</b> - Delineamento experimental nos blocos, em SAF com as plantas formando um grid de 6x9 m .....	15
<b>Figura 6</b> – (A) Coleta da fitomassa fresca das espécies estudadas contida dentro dos limites do gabarito de 1m <sup>2</sup> . (B) Obtenção do peso da fitomassa fresca em campo utilizando balança de suspensão analógica. ....	16
<b>Figura 7</b> – (A) Áreas com guandu-anão, (B) feijão-de-porco e (C) nabo-forrageiro duas semanas após a semeadura. (D) Aspecto da cobertura com guandu-anão aos 120 dias após a instalação do experimento e (E) de área que recebeu aplicação de herbicida no mesmo período. ....	17
<b>Figura 8</b> – Produtividade de fitomassa seca da parte aérea de crotalária breviflora, guandu-anão e feijão-de-porco em monocultivo ou em consórcio (mistura) e do nabo-forrageiro em monocultivo aos 60, 120 e 200 dias após a instalação do experimento. ....	21
<b>Figura 9</b> – Produtividade de fitomassa seca da parte aérea de <i>Urochloa brizantha</i> em concomitância ao cultivo de plantas de cobertura e em tratamento controle aos 60, 120 e 200 dias após a instalação do experimento.....	21
<b>Figura 10</b> – Regeneração natural de espécies dicotiledôneas herbáceas no tratamento com aplicação de herbicida direcionado à <i>Urochloa brizantha</i> aos 200 dias após o início do tratamento. ....	23
<b>Figura 11</b> - Custo total para implantação do modelo experimental por tratamento por hectare, em R\$/ha.....	33

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

<b>Tabela 1</b> - Diagnóstico climático da região de Rio Claro - RJ e áreas adjacentes.....	11
<b>Tabela 2</b> – Produtividade de fitomassa da parte aérea seca (FS) e percentual de redução relativa (%RR) da FS de tratamentos utilizados para o controle de <i>Urochloa brizantha</i> aos 60, 120 e 200 dias após a instalação do experimento.....	19
<b>Tabela 3</b> - Distribuição das plantas espontâneas coletada por bloco, tratamento, família e espécie.....	24
<b>Tabela 4</b> - Riqueza (número de espécies), índices diversidade de Shannon-Weaver e Índice de Equabilidade de Pielou nos tratamentos.....	27
<b>Tabela 5</b> - Rendimento das atividades realizadas nos tratamentos de controle de <i>Brachiaria brizantha</i> em hora/homem por hectare (hh/ha) e hora/máquina por hectare (hm/ha) por fase de execução .....	28
<b>Tabela 6</b> - Custo de mão de obra e implementos utilizados na implantação do projeto de controle <i>Brachiaria brizantha</i> , horas necessárias para realizar as atividades e custo por hectare, em R\$/ha.....	29
<b>Tabela 7</b> - Relação de insumos utilizados na implantação do projeto de controle <i>Brachiaria brizantha</i> , custo unitário, quantidades e custo por hectare, em R\$/ha.....	29
<b>Tabela 8</b> - Custos de mão de obra e implementos (R\$/ha) de tratamentos de controle de braquiária brizantha utilizando controle mecânico, controle químico ou plantas de cobertura em área de sistema agroflorestal em Lídice, Rio Claro, RJ.....	31
<b>Tabela 9</b> - Custos de insumos (R\$/ha) de tratamentos de controle de braquiária-brizantha utilizando controle mecânico, controle químico ou plantas de cobertura em área de sistema agroflorestal em Lídice, Rio Claro, RJ.....	31
<b>Tabela 10</b> - Custos total consolidado (R\$/ha) da implantação dos tratamentos de controle de braquiária-brizantha utilizando controle mecânico, controle químico ou plantas de cobertura em área de sistema agroflorestal em Lídice, Rio Claro, RJ.....	32

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1	A degradação da Mata Atlântica na região Paraíba do Sul.....	3
2.2	A importância do Rio Piraí .....	3
2.3	Os SAFs como uma proposta para o desenvolvimento sustentável.....	4
2.4	O uso de espécies de cobertura de solo no controle de gramíneas .....	5
2.5	Caracterização das espécies de cobertura de solo avaliadas nesse estudo.....	6
2.5.1	<i>Crotalaria breviflora DC.</i> (Crotalária) .....	6
2.5.2	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp. Var. <i>Flavus DC.</i> (Guandu-anão) .....	7
2.5.3	<i>Canavalia ensiformes</i> (L.) DC. (Feijão de porco) .....	7
2.5.4	<i>Raphanus sativus</i> L. (Nabo forrageiro) .....	8
3	OBJETIVOS.....	9
4	MATERIAL E MÉTODOS .....	10
4.1	Localização e caracterização da área de estudo .....	10
4.1.1	Clima.....	10
4.1.2	Geomorfologia.....	11
4.1.3	Relevo .....	11
4.1.4	Vegetação .....	11
4.1.5	Unidade experimental .....	12
4.2	Implantação do experimento.....	13
4.2.1	Escolha dos tratamentos .....	13
4.2.2	Instalação do experimento .....	13
4.3	Avaliações.....	15
4.3.1	Controle da <i>Brachiaria brizantha</i> .....	15
4.3.2	Caracterização Florística .....	17
4.3.3	Análise dos dados .....	17
4.3.4	Avaliação dos custos monetários dos tratamentos.....	17
5	RESUTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5.1	Avaliação do efeito dos tratamentos no controle da <i>Brachiaria brizantha</i> ....	19
5.2	Efeito dos tratamentos na regeneração espontânea.....	22
5.3	Avaliação dos custos do projeto .....	28
6	CONCLUSÕES.....	34
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35

## **1 INTRODUÇÃO**

Em nenhum outro bioma brasileiro observou-se desmatamento tão intenso do que na Mata atlântica (ACSELRAD, 2005). O contexto atual da região Sul Fluminense revela um desastroso precedente e é um exemplo de como a forma de ocupação do solo na região contribuiu com a destruição da vegetação nativa.

A ocupação do solo na região iniciou-se com a distribuição de terras, as chamadas Sesmarias, para ocupação do território. Nesse período o plantio de cana-de-açúcar foi a principal atividade produtiva do estado, que possuía grande quantidade de engenhos. Segundo Linhares (2017), somente no século XVIII, durante o governo de Gomes Ferreira de Andrada foi introduzido o plantio de café. Nesse período, foi intenso o processo de desmatamento para abertura de novas áreas de cultivo, atingindo o seu nível máximo de produção em 1882.

Em meados de 1870 já era perceptível a decadência da produtividade, principalmente nas primeiras áreas ocupadas pelos plantios cafeeiros. Segundo Pereira (2005), esse declínio teve como principal fator o uso de técnicas predatórias de produção agrícola, no qual as matas eram queimadas para abrir espaço ao café, o que empobreceu o solo, além do ataque de pragas, como a formiga saúva, gafanhotos e a ocorrência do fungo causador da ferrugem do café.

Com o declínio da produção de café na região e a fragmentação das grandes propriedades, deu-se lugar à produção agropecuária. No que se refere a esta essa expansão agropecuária na região Sul Fluminense, Teixeira (2009) coloca que a organização do espaço agrário fluminense exibe peculiaridades, tais como o desenvolvimento desordenado, deterioração ambiental e a perda de terras agricultáveis pelo processo erosivo.

Atualmente, o município de Rio Claro, no Sul Fluminense, é um exemplo do cenário exposto acima. A região apresenta fraco desempenho econômico, em função da substituição da atividade cafeeira pela pecuária extensiva, em solos, por vezes, empobrecidos, trazendo baixos índices de produtividade (MARAFON, 2011). A produção predominante é a pecuária leiteira extensiva, ao lado do crescimento da produção de hortaliças, do milho e da cana-de-açúcar (TEIXEIRA, 2009).

Além da baixa eficiência da pecuária leiteira extensiva, da degradação e do empobrecimento do solo, outro fator preocupante é que a região contribui significativamente para o abastecimento de água para a região metropolitana do Rio de Janeiro. No município de Rio Claro encontram-se as principais nascentes do rio Piraí, manancial responsável por 15% dos recursos hídricos disponíveis no sistema Guandu, responsável por cerca de 80% do abastecimento de água na cidade do Rio de Janeiro e região metropolitana (PAIVA; COELHO, 2015).

Ciente dessa importância, desde a década de 1990 o Governo Estadual vem implementando projetos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) na região, em especial o Programa Produtor de Água e Floresta (PAF), e tem como principal objetivo proporcionar o aumento de cobertura florestal em áreas de preservação permanente e demais áreas prioritárias. Dessa forma, o aumento a cobertura florestal da região é uma atividade estratégica para a recuperação da Mata Atlântica, seja através de reflorestamentos ou da conservação dos remanescentes florestais existentes (CHAER, 2019).

Uma maneira de aliar a produção agrícola, a geração de renda e a recuperação ambiental é a implantação de sistemas agroflorestais (SAFs). Estes sistemas apresentam inúmeras vantagens que contribuem para o estabelecimento de modelos de produção agrícola mais

sustentáveis, com redução dos problemas relacionados ao manejo e à conservação do solo (RIBEIRO *et. al.*, 2019). Comparativamente aos sistemas convencionais de cultivo, os SAFs proporcionam maior cobertura do solo, favorecem a preservação da fauna e da flora, promovem a ciclagem de nutrientes a partir da ação de sistemas radiculares diversos e propiciam um contínuo aporte de matéria orgânica (MAIA *et al.*, 2006).

O grande desafio nesta região, entretanto, consiste no controle das gramíneas competidoras. O braquierão (*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A.Rich.) R.D.Webster) tem papel de destaque nessa dinâmica, podendo se tornar invasora em determinadas áreas (PIVELLO, 2011) e impor barreiras à implantação de cultivos agrícolas. Estes indivíduos são mais eficientes na captura e utilização dos recursos, assegurando maior vantagem competitiva. Além disso, por possuírem metabolismo fotossintético C4, têm maior taxa de crescimento, maior eficiência na produção de biomassa seca, com menor utilização de água e maior aproveitamento da energia luminosa (BRIGHENTI e OLIVEIRA, 2011). O resultado dessa combinação de fatores resulta na maior necessidade de controle local, com a realização de roçadas ou a aplicação de herbicidas, elevando os custos com a implantação e manutenção deste empreendimento.

Como exemplo desse cenário, a Fazenda Três Quedas, situada no distrito de Lídice, em Rio Claro – RJ, realizou no ano de 2018 a implantação de um sistema agrossilvicultural simultâneo que, como componente arbóreo, contempla o plantio de Mogno-africano (*Khaya grandifoliola*), a Palmeira-juçara (*Euterpe edulis* Mart.), espécie frutífera nativa e perene, Limão-Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka), espécie agrícola perene e o cultivo de banana (*Musa spp.*) como espécie agrícola anual. O projeto embasou-se em critérios estruturais, incluindo o arranjo espacial do componente arbóreo, a estratificação vertical e o arranjo temporal dos diferentes componentes do sistema.

A área de implantação do projeto possui um longo histórico de cultivo da *Brachiaria brizantha* para o uso na pecuária leiteira. A alta persistência desta espécie como cobertura do solo demandou do proprietário, durante os primeiros anos de implantação, maior frequência de operações de roçadas e capinas bem como gastos com mão de obra, acarretando elevados custos de manutenção. Além disso, após a roçada, a gramínea se regenera rapidamente e produz alta quantidade de biomassa em curto período. Outro fator que limita o uso da técnica de controle mecânico é o grande estoque de sementes armazenadas no solo. As espécies que se regeneram a partir do banco de sementes apresentam graus diferenciados de dormência, os quais permitem que as sementes permaneçam armazenadas por longos períodos sem germinarem (COSTA, *et al.*, 2013).

O uso de herbicidas foi adotado para aumentar a efetividade no controle e reduzir os custos com a mão de obra, mas tem como desvantagem a combinação alto custo monetário e do risco ambiental. O uso de herbicidas tem sido questionado, principalmente devido ao risco exercido aos mananciais hídricos dentre outros impactos como à fauna e à flora (TUFFI SANTOS *et al.*, 2005; NAVÉ *et al.*, 2009).

Nesse contexto, o presente trabalho de dissertação teve como objetivo avaliar diferentes técnicas de controle do braquierão, comparando o uso de espécies de cobertura com os sistemas convencionais de manejos adotados até então na propriedade.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A degradação da Mata Atlântica na região Paraíba do Sul**

A Mata Atlântica é uma floresta tropical altamente ameaçada (SAFAR *et al.*, 2020) e um dos “hotspot” mundiais de biodiversidade (MYERS *et al.*, 2000; MITTERMEIER *et al.*, 2005). Esse processo iniciou-se ainda no período colonial com o cultivo de cana-de-açúcar, seguido do ciclo do café, que sucedeu a devastação de extensas áreas florestais (RODRIGUES *et al.*, 2009). De sua extensão original, hoje restam cerca de 12,5% de cobertura florestal, sendo 8,5% representada por fragmentos de pelo menos 100 hectares (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INPE 2017; WWF, 2017).

Atualmente, o bioma passa por um novo processo de devastação em função da urbanização (FERREIRA *et al.*, 2019), haja vista que mais de 60% da população brasileira habita em área de domínio de Mata Atlântica (SCARANO; CEOTTO, 2015). No estado do Rio de Janeiro o percentual de remanescentes florestais restringe-se a 30,7% do valor original (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INPE, 2017). Esse valor é ainda menor nos municípios situados na região do médio vale do Paraíba do Sul (INEA-RJ, 2014).

Nessa região, o ciclo econômico do café provocou graves prejuízos na cobertura florestal (STEIN, 1990; DRUMMOND, 1997). Em meados de 1870 já era perceptível a decadência da produtividade, principalmente nas primeiras áreas ocupadas pelos plantios cafeeiros. Com isso, os proprietários rurais da época procuravam sempre novas áreas nas encostas dos morros para iniciar o plantio do café, evitando terrenos já cultivados (GOMES, 2004).

Com o fim do ciclo cafeeiro, a agropecuária tornou-se a principal atividade econômica, aumentando as áreas ocupadas por pastagens (STEIN, 1990). Nesse período o impacto ambiental gerado deu-se pela criação extensiva do gado leiteiro, com a derrubada da vegetação nativa ainda existente, o pisoteio animal e consequente compactação do solo, além da contaminação dos recursos hídricos no processo de tratamento e fabricação de derivados do leite (BENTES, 2010).

A região do médio Paraíba do Sul apresenta hoje uma paisagem marcada pela presença de processos erosivos. A presença das voçorocas, frequentemente observadas nas encostas dos morros, são resultantes das acentuadas taxas de precipitação pluviométrica ocorridas no verão, associadas à aspectos geomorfológicos e à falta de proteção do solo pela remoção da vegetação nativa (MENEZES *et al.*, 2010). Segundo informações do Comitê Médio Paraíba do Sul (2017), essa região é apontada como a mais preocupante no que se refere a processos erosivos, com 50% de sua área extremamente vulnerável à erosão.

### **2.2 A importância do Rio Piraí**

Atualmente, os recursos hídricos apresentam-se como um dos recursos naturais mais escassos e disputados. A demanda gerada pela ação antrópica, somada à fatores climáticos, têm contribuído para a redução de sua disponibilidade em quantidade e qualidade (PAIVA; COELHO, 2015). Inserida nesse contexto a bacia do rio Piraí apresenta problemas de qualidade da água em períodos de estiagem e a população ribeirinha sofre com inundações durante as cheias mais expressivas (ARAÚJO, 2009).

O rio Piraí é formado da junção do rio das Pedras com o rio Papudos, no distrito de Lídice, município de Rio Claro, e é afluente natural do rio Paraíba do Sul. A bacia do alto rio

Piraí abrange uma área de 273 km<sup>2</sup>, e está totalmente inserida no município de Rio Claro – RJ (AGEVAP, 2016). Além disso, este município abriga as principais nascentes do rio Piraí, manancial responsável por 15% dos recursos hídricos disponíveis no sistema Guandu que, por sua vez, é responsável por cerca de 80% do abastecimento de água na cidade do Rio de Janeiro e região metropolitana (PAIVA; COELHO, 2015).

Ao longo do processo de ocupação da região, o rio teve duas alterações consideráveis em seu percurso. A primeira ocorreu em função da construção da barragem em Tócos (Rio Claro-RJ), que desviou suas águas para abastecer a represa de Ribeirão das Lajes, e a segunda, uma inversão do curso do rio seguida da transposição de parte das águas do Rio Paraíba do Sul à jusante na cidade de Barra do Piraí-RJ, alterando a foz do Rio Piraí (CABRAL, 2006).

Destaca-se que o desvio altura do reservatório de Tócos integra o Complexo Hidrelétrico de Lajes (INEA, 2022) e foi realizado com o objetivo de aumentar a disponibilidade hídrica do reservatório de Lajes, que recebe através do túnel de 8,5 km uma contribuição média de 12 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> do Rio Piraí (AGEVAP, 2016). Já na inversão do curso do rio, o volume de águas Rio Piraí, ampliado por meio da transposição de águas do Paraíba do Sul, somadas as contribuições de águas das nascentes do Rio Piraí, no município de Rio Claro, é bombeado pela Estação Elevatória de Vigário, no centro do município de Piraí, para lagos artificiais onde através de um canal, as águas alcançam um conduto forçado que desce as encostas da Serra das Araras indo movimentar as turbinas das usinas de Nilo Peçanha e Fontes Nova (OLIVEIRA, 2013).

Como afluente do Rio Paraíba do Sul, pode-se afirmar que o Rio Piraí contribui significativamente com abastecimento de água do Sistema Guandu. Conforme destacado por Macedo & Pimentel (2004), boa parte do volume de água do rio Guandu é oriundo de bombeamento de água da bacia do Paraíba do Sul, realizado originalmente nos anos 50, para a produção de energia elétrica. Assim, a vazão do Rio Guandu, que era de cerca de 25 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, no início do Século XX, foi ampliada para 120 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> após a transposição do rio Paraíba do Sul (COELHO et al, 2012)

Valendo-se da transposição do Paraíba do Sul para geração de energia elétrica, o antigo Distrito Federal, no Rio de Janeiro, iniciou a exploração da água lançada no rio Guandu para fornecimento de águas, distribuindo-a para a população dos municípios do oeste da Baía de Guanabara (IBG – 2014). Portanto, é de extrema importância a preservação da bacia do Rio Piraí, visto que esse manancial unicamente, é responsável por 15% dos recursos hídricos disponíveis no sistema Guandu, que por sua vez é responsável por cerca de 80% do abastecimento de água e 25% da geração de energia elétrica para a região metropolitana do Rio de Janeiro, onde beneficia aproximadamente oito milhões de pessoas (TNC, 2013).

### **2.3 Os SAFs como uma proposta para o desenvolvimento sustentável**

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são sistemas de produção que utilizam de espécies lenhosas, nativas, naturalizadas e exóticas, em associação com culturas agrícolas, de maneira sincrônica ou em sucessão temporal, com interações ecológicas e econômicas expressivas entre os componentes, podendo se estabelecer como técnica recomendável nas várias regiões do Brasil (RODRIGUES, 2006).

Os SAFs proporcionam maior cobertura do solo, favorecem a preservação da fauna e da flora, promovem a ciclagem de nutrientes a partir da ação dos sistemas radiculares diversos e propiciam um contínuo aporte de matéria orgânica (MAIA et al., 2006). Ademais, devido às baixas perdas de nutrientes por lixiviação e o aporte de matéria orgânica no solo (CORREIA;

ANDRADE, 2004), há conservação de condições microclimáticas mais adequadas para a microbiota do solo (BABBAR; ZAK, 1994).

Pela sua similaridade aos ecossistemas naturais em estrutura e diversidade, os sistemas agroflorestais possuem um grande potencial para projetos que visem o aumento da cobertura vegetal ou a restauração de ecossistemas perturbados ou degradados (AMADOR, 2003). Moraes *et al.* (2013) afirmam que esses sistemas exibem amplo potencial estratégico para um desenvolvimento sustentável, mediante a conservação dos solos e da água, redução do uso de corretivos, fertilizantes, defensivos agrícolas, adequação à pequena produção, a conservação da biodiversidade e a restauração de fragmentos florestais. Além disso, os SAFs estabelecidos próximos de cursos de água, podem atenuar substancialmente o carreamento de sedimentos e poluentes para os corpos hídricos (SCHOENECKER, 1993; UDAWATTA, 2011).

Além disso, esses sistemas apresentam inúmeras vantagens que contribuem para o estabelecimento de modelos de produção agrícola mais sustentáveis. Caporal (2004) aponta que esse é um dos objetivos do desenvolvimento rural sustentável (DRS), pois preconiza que a junção de práticas agrícolas sustentáveis com os conhecimentos tradicionais dos agricultores, apoiadas por leis, programas e políticas públicas que incentivam a implantação de agriculturas sustentáveis, com base na agroecologia, podendo atuar na substituição de técnicas convencionais de cultivo.

Segundo Freitas *et al.* (2018), comparativamente aos sistemas tradicionais de cultivo, os SAFs oferecem uma série de benefícios e podem mitigar os impactos de uma gestão agrícola insustentável. Isso só é possível pois tais sistemas possibilitam uma cobertura estratificada, aumentam a ciclagem de nutrientes, promovem o aumento da biodiversidade e os serviços ecossistêmicos, ao mesmo tempo em que fornecem subsistência pela oferta de produtos agrícolas e florestais diversos (BEENHOUWER *et al.*, 2013).

Essas práticas podem ser validadas por indicadores que, conforme Kemerich *et al.* (2014), são critérios que permitem entender melhor o funcionamento de um ambiente, de forma à subsidiar políticas de gestão ambiental. Esses parâmetros, quando bem definidos, podem apoiar o entendimento econômico e socioambiental e as tomadas de decisão sobre políticas e gestão (GARRETT & LATAWIEC, 2015).

Infelizmente no Brasil os investimentos nesses sistemas ainda são pouco frequentes, sendo mais incentivados por organizações não governamentais, e sua adoção precisa ser fomentada por meio de políticas públicas e de assistência técnica e extensão rural para os agricultores (SCHEMBERGUE *et al.*, 2017).

## 2.4 O uso de espécies de cobertura de solo no controle de gramíneas

A adubação verde é uma técnica milenar utilizada na conservação de solos agrícolas. Em função do número de espécies já conhecidas e de suas respectivas características agronômicas e fenológicas, os adubos verdes podem ser cultivados de inúmeras maneiras, nas mais diferentes formas de arranjos e configurações para viabilizar o uso e o manejo sustentável do solo e a produção de alimentos de qualidade (FILHO, *et al.*, 2014).

Dentre as vantagens do uso de espécies de cobertura de solo em SAFs pode-se citar as características de rápido crescimento e produção de fitomassa para a cobertura do inicial solo, o aporte de matéria orgânica e a incorporação de nitrogênio e o controle dos processos erosivos. Em áreas de restauração florestal as espécies empregadas para tal fim são utilizadas com o objetivo de promover o controle de espécies competidoras, melhoria das condições do solo e a atração de insetos polinizadores e animais granívoros (MOREIRA, 2004; BECHARA *et al.*, 2007; BELTRAME; RODRIGUES, 2008; CASTRO, 2013; ISERNHAGEN *et al.*, 2014).

Dentre as espécies utilizadas para essa finalidade, as plantas leguminosas, como por exemplo a crotalária (*Crotalaria breviflora* DC.), o feijão guandu-anão (*Cajanus cajan* (L.) Millsp. Var. *Flavus* DC.) e o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.), possuem a capacidade de associar-se simbioticamente com bactérias do grupo dos rizóbios e realizar a fixação biológica de nitrogênio (FBN), tornando-o disponível para as demais plantas e melhorando as características dos solos (PENTEADO, 2010).

Fragoso *et al.* (2016) apontam que a característica de rápido crescimento, que implica no rápido recobrimento do solo permite que essas espécies sejam utilizadas no controle de plantas daninhas, principalmente gramíneas exóticas invasoras, como as do gênero *Urochloa*. O emprego de espécies de plantas para esta finalidade fundamenta-se na utilização do potencial de cobertura do solo das plantas, para promover o rápido sombreamento e reduzir o estabelecimento daquelas de ocorrência espontânea. O fechamento das copas reduz a incidência de radiação solar direta sobre o solo, tornando o ambiente pouco favorável à proliferação de gramíneas heliófilas (SANTOS; LELES; RESENDE *et. al.*, 2020)

Além do controle de invasoras, o uso de espécies de cobertura facilita o desenvolvimento da vegetação, bem como dos processos de regeneração e sucessão secundária, acelerando assim a restauração florestal do ecossistema (ISERNHAGEM *et al.* 2014). A utilização destas espécies também possui êxito na redução da competição de espécies florestais com as invasoras, apresentando uma alternativa viável para a redução da infestação do plantio por plantas invasoras (ERASMO, 2004; SANTOS; LELES; SANTANA; RIBEIRO; RESENDE, 2019).

## 2.5 Caracterização das espécies de cobertura de solo avaliadas nesse estudo

### 2.5.1 *Crotalaria breviflora* DC. (Crotalária)

A *Crotalaria breviflora* DC. é uma leguminosa que se destaca pelo seu alto potencial para adubação verde em sistemas agroflorestais, principalmente em solos perturbados e com baixa fertilidade. Segundo Costa *et al.* (2018), a espécie é capaz de produzir uma quantidade significativa de biomassa, com teores elevados de nitrogênio e fósforo, o que pode melhorar a qualidade do solo e fornecer nutrientes para as culturas subsequentes. Além disso, esta espécie possui um sistema radicular profundo e eficiente, que pode melhorar a infiltração de água no solo e a absorção de nutrientes pelas plantas, contribuindo para a redução da erosão e aumento da produtividade (KASSINEN *et al.*, 2017).

A crotalária tem sido apontada como uma espécie com alto potencial para a promoção da biodiversidade em SAFs. Segundo Almeida *et al.* (2014), a utilização desta leguminosa em SAFs favoreceu a diversidade de espécies de plantas e animais. A espécie também apresenta resistência a pragas e doenças, o que pode reduzir a necessidade de uso de agrotóxicos e favorecer a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola (ARAUJO *et al.*, 2014).

Outra vantagem da utilização da crotalária é a sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio atmosférico, o que pode reduzir a necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados. Segundo Silva *et al.* (2016), a utilização desta leguminosa em SAFs promoveu um aumento na fixação biológica de nitrogênio e reduziu a necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados.

Por fim, a utilização da crotalária em SAFs também pode contribuir para a redução da erosão do solo. Em estudo realizado por Ribeiro *et al.* (2017), a utilização desta espécie em SAFs reduziu significativamente a perda de solo por erosão hídrica, além de promover a melhoria na estrutura do solo.

## **2.5.2 *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Var. Flavus DC. (Guandu-anão)**

O Feijão Guandu-anão (*Cajanus cajan* (L.) Millsp. Var. Flavus DC.) é uma leguminosa amplamente utilizada como espécie de adubação verde, proporcionando diversos benefícios ao sistema. Esta espécie apresenta uma grande capacidade de fixação biológica de nitrogênio atmosférico, o que contribui para o aumento da fertilidade do solo e a redução da necessidade de adubos químicos nitrogenados (JUNIOR *et al.*, 2020).

Segundo Mariano *et al.* (2020), a utilização do feijão guandu-anão em SAFs na região Amazônica proporcionou um aumento de 25% na produção de biomassa em comparação com sistemas sem a leguminosa. Além disso, a presença do feijão guandu-anão no sistema também favoreceu o aumento da matéria orgânica e a redução da compactação do solo.

Outro estudo realizado por Souza *et al.* (2019) avaliou a contribuição do feijão guandu-anão como adubo verde em SAFs no semiárido brasileiro. Os resultados mostraram que a leguminosa promoveu um aumento na produção de grãos de milho e sorgo, além de contribuir para a melhoria da fertilidade do solo. O guandu-anão também foi avaliado em SAFs com sistemas de cultivo consorciado com cacau na Bahia e a presença do guandu-anão no sistema promoveu uma melhoria na fertilidade do solo, redução da erosão e aumento na produção de cacau (MARTINS *et al.*, 2018).

Outra característica de interesse dessa cultura é a sua grande diversidade genética, o que permite a adaptação a diferentes condições de clima e solo, além de apresentar resistência a diversas doenças e pragas (ZARINA *et al.*, 2020). Essas características tornam esta espécie uma opção interessante para sistemas agroflorestais, que visam a sustentabilidade e a diversificação das culturas.

## **2.5.3 *Canavalia ensiformes* (L.) DC. (Feijão de porco)**

Os SAFs, quando associados e manejados com espécies de adubação verde, podem contribuir substancialmente com o processo de recuperação do solo (ISERNHAGEN; BRANCALION; RODRIGUES, 2014). Estudos demonstraram que a utilização do feijão-de-porco como adubo verde em sistemas agroflorestais pode favorecer o aumento da biodiversidade, a conservação da água e a redução da temperatura do solo (SILVA *et al.*, 2020). Além disso, a utilização dessa leguminosa em SAFs contribui para a melhoria da qualidade do solo, principalmente em relação à concentração de nutrientes e matéria orgânica (CARVALHO *et al.*, 2021).

Ferreira *et al.* (2021) avaliaram o efeito da utilização do feijão-de-porco como adubo verde em um sistema agroflorestal. Os resultados mostraram que a leguminosa promoveu um aumento na produtividade do milho e do feijão caupi, além de melhorar a fertilidade do solo e a infiltração de água. Outro estudo realizado por Melo et al. (2019) avaliou a utilização do Feijão-de-porco em sistemas agroflorestais no Cerrado brasileiro e os resultados mostraram que a leguminosa contribuiu para a melhoria da fertilidade do solo e aumento da produtividade do milho e do feijão caupi. Além disso, o Feijão-de-porco pode ser utilizado como cobertura vegetal, reduzindo a erosão do solo e favorecendo a conservação da água e dos nutrientes (SILVA *et al.*, 2020).

O uso de adubação verde através de feijão-de-porco, também apresenta eficácia na redução da competição das espécies florestais com espécies invasoras constituindo-se uma alternativa viável para a redução da infestação da área de restauração por plantas espontâneas (ERASMO, 2004).

#### **2.5.4 *Raphanus sativus* L. (Nabo forrageiro)**

O nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.) é uma espécie de cobertura do solo utilizada como alternativa para o controle de plantas invasoras em áreas de cultivo. Estudos mostram que o nabo-forrageiro pode reduzir a infestação de gramíneas invasoras em áreas degradadas, aumentando a produção de biomassa e melhorando a concentração de nutrientes no solo (GOMES et al., 2018; SANTOS et al., 2021).

Almeida et al. (2018) avaliaram o efeito da utilização do nabo-forrageiro como adubo verde na supressão de plantas daninhas em cultivos de milho e obteve resultados na redução da densidade e a biomassa das gramíneas invasoras, contribuindo para o controle dessas plantas. Da mesma forma, Serrano et al. (2016) relatam que esta espécie contribuiu para a redução da densidade de gramíneas invasoras em até 97% como adubo verde antes do plantio de milho.

Além disso, o nabo-forrageiro tem se mostrado promissor em sistemas de plantio direto como estratégia para o controle de plantas daninhas. Lima et al. (2019) destacaram que o uso dessa espécie como adubo verde contribuiu para a redução da densidade de plantas invasoras, além de proporcionar um aumento na produtividade das culturas.

Um estudo realizado por Silva et al. (2019) demonstrou que o nabo-forrageiro é capaz de reduzir a infestação de plantas invasoras, principalmente gramíneas, em sistemas agroflorestais, contribuindo para a redução da competição por recursos e melhorando o desenvolvimento das culturas comerciais. Além disso, o cultivo do nabo-forrageiro proporcionou uma maior diversidade de espécies vegetais no sistema, aumentando a resiliência e a estabilidade do agroecossistema.

A interação do nabo-forrageiro com as demais espécies do sistema agroflorestal também foi investigada por Cardoso et al. (2017). O estudo mostrou que o cultivo do nabo-forrageiro favoreceu a diversidade e a abundância de organismos benéficos do solo, como microrganismos fixadores de nitrogênio, promovendo a ciclagem de nutrientes e a melhoria da qualidade do solo.

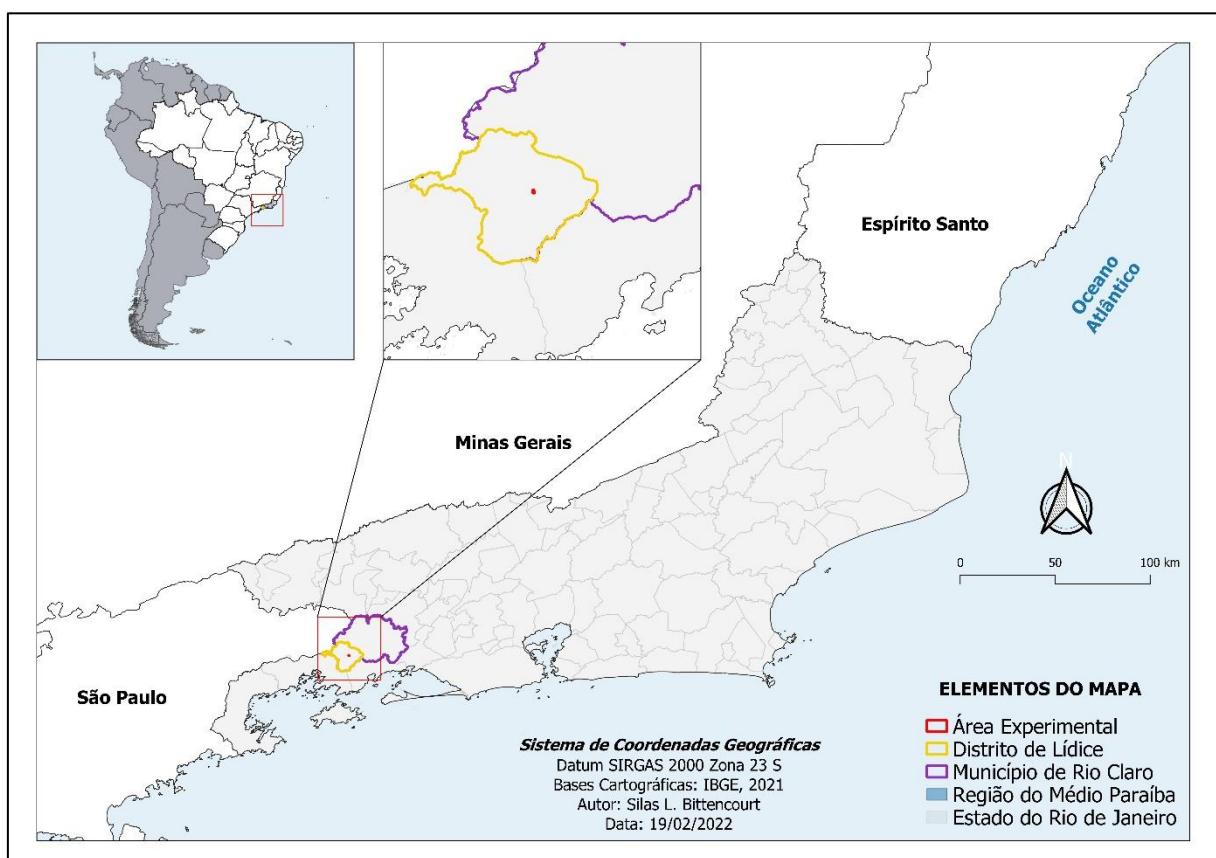
### **3      OBJETIVOS**

Avaliar a contribuição e os custos de implantação de espécies de cobertura de solo, da roçada mecânica e do controle químico na supressão da dominância da poacea invasora (*Urochloa brizantha*) (braquierão) na regeneração natural de espécies nativas, em um sistema agroflorestal nos domínios da mata atlântica.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização e caracterização da área de estudo

O experimento foi implantado em uma área de SAF localizada na microbacia do Rio das Pedras, em Lídice, município de Rio Claro, região do Médio Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro. A microbacia está inserida na Serra do Mar e ocupa uma área de 1.500 ha, tendo o Rio Piraí como principal curso d'água. A área de SAF está localizada sob as coordenadas UTM - Zona 23S, 584271 E e 7472827 S, compreendendo uma área total de 7,20 ha (**Figura 1**).



**Figura 1** - Localização da área experimental, situada no distrito de Lídice, município de Rio Claro – RJ.

#### 4.1.1 Clima

O clima, segundo classificação de Koppen, é o Cfa, subtropical úmido, clima oceânico com ausência de estação seca, com verão quente. Este clima caracteriza-se pela precipitação do mês mais seco superior a 40 mm e pela temperatura do mês mais quente superior ou igualada a 22°C. Igualmente, a temperatura do mês mais frio está dentro da faixa de -3°C e 18°C.

A taxa de precipitação pluviométrica atinge o valor médio anual de 1601,89 mm, sendo o mês mais chuvoso e o mais seco, respectivamente, janeiro (279 mm) e junho (33 mm). A temperatura média diária anual é de aproximadamente 22,4°C, oscilando entre 18,3 e 25,8°C, respectivamente, nos meses de julho e fevereiro (SOBRAL *et al.*, 2018). Na **Tabela 1** encontra-se apresentado um resumo do diagnóstico climático da região em estudo.

**Tabela 1** - Diagnóstico climático da região de Rio Claro - RJ e áreas adjacentes.

<b>Caracterização climática de Koppen</b>			Cfa	<b>Precipitação média (mm/ano)</b>	1601,89
<b>Distribuição anual das chuvas (mm/mês)</b>					
J 279	F 221	M 193	A 101	M 62	J 33
J 35	J 39	A 39	S 71	O 116	N 184
D 269					
<b>Distribuição das temperaturas médias mensais (°C)</b>					
J 25,5	F 25,8	M 24,8	A 23,3	M 20,3	J 18,6
J 18,3	A 19,9	S 21,4	O 22,9	N 23,6	D 25,0
<b>Ventos predominantes</b>			Leste		

**Fonte:** Elaborado pelo Consórcio Água e Solo, ABG (2019) a partir de SOBRAL *et al.* (2018), GOIS *et al.* (2019).

#### 4.1.2 Geomorfologia

Na região de Lídice e Rio Claro - RJ, o complexo Paraíba do Sul tem na porção basal um pacote de gnaisses e quartzitos com magnetita, e exibe uma série de outras lentes menores de quartzito grosso e ferruginoso, de espessura decamétrica. Gnaisses biotíticos, porfiroblásticos, com granada e sillimanita, se sobrepõem ou se alternam aos quartzitos e gnaisses basais, sendo comuns também às intercalações de rochas carbonáticas e calcissilicáticas (MMA, 2006). Todo esse pacote metassedimentar se sobrepõe, nessa região, a um conjunto migmatítico extremamente transformado e intrudido por rochas granitóides brasileiras. A sequência metassedimentar do complexo Paraíba do Sul na região de Rio Claro e Lídice está bem exposta na via Dutra nas encostas da serra das Araras e se estende para nordeste, para o vale do rio Paraíba do Sul (MMA, 2006).

#### 4.1.3 Relevo

Em função da característica marcante de colinas, morros e morros baixos com vertentes convexo-côncavo de gradiente suave a médio e topo arredondado alongado e nivelado, a região foi caracterizada por Ab'Saber (1996) como a área-tipo do domínio morfoclimático dos mares de morros. O relevo no município é ondulado com amplitudes maiores que 200 metros e declividades superiores a 45%, mas os núcleos habitacionais, inclusive a sede, se desenvolveram nas áreas mais planas. (AGEVAP, 2014). A situação de relevo, associado à presença de solos rasos e pedregosos e ao clima tropical, com radiação solar intensa e precipitações volumosas e concentradas no verão, torna os solos da região altamente vulneráveis a processos erosivos (AB'SABER, 1996).

#### 4.1.4 Vegetação

A característica da vegetação é de florestas nativas de Mata Atlântica nas vertentes e em formas de fragmentos (BARBOZA, 2007). A vegetação original que cobria a área é classificada como Floresta Ombrófila Densa. Este tipo de vegetação é caracterizado por vegetais de médio e grande porte, lianas lenhosas e epífitas em abundância, apresentando três estratos definidos. A ocorrência de florestas Ombrófilas Densas, está atrelada a altas temperaturas e precipitações distribuídas por todo o ano, com poucos meses de déficit hídrico (APNRJ, 2009).

Área de estudo encontra-se no município de Rio Claro - RJ, reverso da escarpa da Serra do Mar. Ela está localizada em uma área que representa um trecho do Vale do Paraíba do Sul, rio de grande importância dentro da região sudeste. Ao longo do processo de ocupação da região, este fato possibilitou que ocorra uma maior colonização e abertura de grandes áreas de

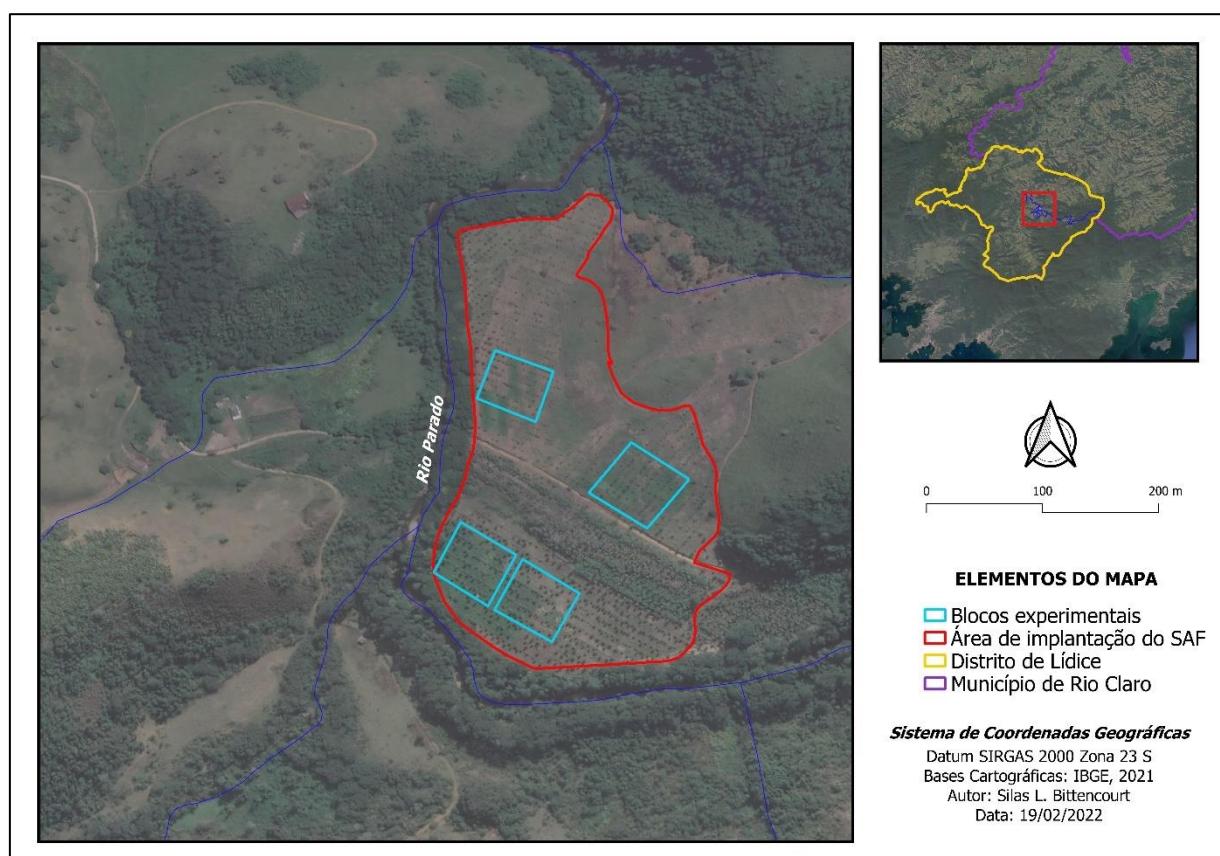
pasto para o gado, impulsionando a ocupação do vale do Paraíba do Sul, onde foi removida grande parte de vegetação nativa para atividade pecuária e em menor escala para atividade agrícola (FINOTTI, 2017; INSTITUTO TERRA, 2011).

#### 4.1.5 Unidade experimental

No ano de 2019 foi instalado na área de produção de mogno-africano (*Khaya spp.*), dois arranjos diferentes de consórcios com limão-tahiti (*Citrus latifolia Tanaka*), os quais foram plantados em março de 2019. No primeiro arranjo, linhas de limão-tahiti, com plantas espaçadas a cada 4 m, foram intercaladas com linhas de mogno e limão intercaladas a cada 3 m. A distância entre as linhas de limão e de mogno/limão foi de 6 m, resultando nas densidades de 139 mognos/ha e 400 limoeiros/ha. No segundo arranjo, os mognos foram plantados no espaçamento de 9 m entre linhas e 6 m entre plantas na linha, enquanto o limão foi plantado intercalando as plantas de mogno na linha, ou seja, também no espaçamento de 9 m x 6 m, resultando nas densidades de 185 plantas/ha de cada uma das duas espécies.

A área experimental está inserida nesse sistema agroflorestal e possui aproximadamente 1,02 ha, localizada em uma área de várzea, às margens do Rio Parado (Figura 2). Além deste, também existem outros pequenos córregos, sendo o Rio das Pedras, o Córrego Alto da Serra e o Córrego dos Papudos, como os mais importantes afluentes do Rio Piraí.

A área de várzea possui variabilidade do nível do lençol freático, com episódios ocasionais de alagamento na estação chuvosa. O local tem um longo histórico de uso agropecuário, com manejo de pastagem para criação de gado de leite, com vegetação predominante da gramínea (*Urochloa brizantha*). O solo predominante foi classificado como Gleissolo.



**Figura 2** - Espacialização dos blocos experimentais na área de SAF, localizada na Fazenda Três Quedas situada no distrito de Lídice, município de Rio Claro – RJ.

## **4.2 Implantação do experimento**

### **4.2.1 Escolha dos tratamentos**

A escolha das espécies a serem utilizadas para o controle da braquiária foi feita por meio do potencial na produção de biomassa e cobertura do solo.

A braquiária se destaca como uma forrageira agressiva, produzindo grande quantidade de biomassa e sementes, sendo, portanto, de difícil controle (PEREZ *et al.*, 1993; DUARTE *et al.*, 1995; PORTES *et al.*, 2000; JAKELAITIS *et al.*, 2004).

Os seguintes tratamentos de controle da braquiária foram implantados:

- T1: testemunha – sem controle da braquiária;
- T2: controle mecânico (roçadas mecanizada + coroamento manual);
- T3: controle químico (aplicação do herbicida glifosato);
- T4: controle cultural com semeadura de crotalária bevíflora (*Crotalaria breviflora*);
- T5: controle cultural com semeadura de guandu-anão (*Cajanus cajan*);
- T6: controle cultural com semeadura de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*);
- T7: controle cultural com semeadura de mix de guandu-anão, feijão-de-porco e crotalária;
- T8: controle cultural com semeadura de nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*).

### **4.2.2 Instalação do experimento**

O experimento foi instalado em fevereiro de 2022 nos sítios onde foram implantados os consórcios de mogno-africano e limão-tahiti. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com oito tratamentos e quatro repetições. Cada bloco foi demarcado com a dimensão aproximada de 50 m x 60 m e as parcelas experimentais foram alocadas perpendicularmente às linhas de plantio perpassando 3 entrelinhas de plantio.

No tratamento T2 as operações de roçada e capina (coroamento) foram realizadas regularmente com intervalos definido a partir dos ciclos de rebrota da gramínea, sendo a operação seguinte realizada durante o início do pendoamento e antecedendo a produção de sementes.

No tratamento T3 a aplicação do herbicida glifosato foi feita inicialmente na área total e, posteriormente, em duas aplicações subsequentes seletivas, direcionando a aplicação apenas para a rebrota da braquiária, não afetando, portanto, outras espécies herbáceas regenerantes.

No que se refere aos tratamentos T4 a T8 foram realizadas aplicações do herbicida em área total das parcelas, sendo necessária para permitir a abertura dos sulcos de plantio e o estabelecimento das espécies de cobertura. Dessa forma, após a dessecação da braquiária foi feita a abertura dos sulcos paralelamente às linhas de semeadura das espécies, espaçados a cada 40 cm. A semeadura foi conduzida manualmente e os sulcos cobertos com o auxílio de enxada.

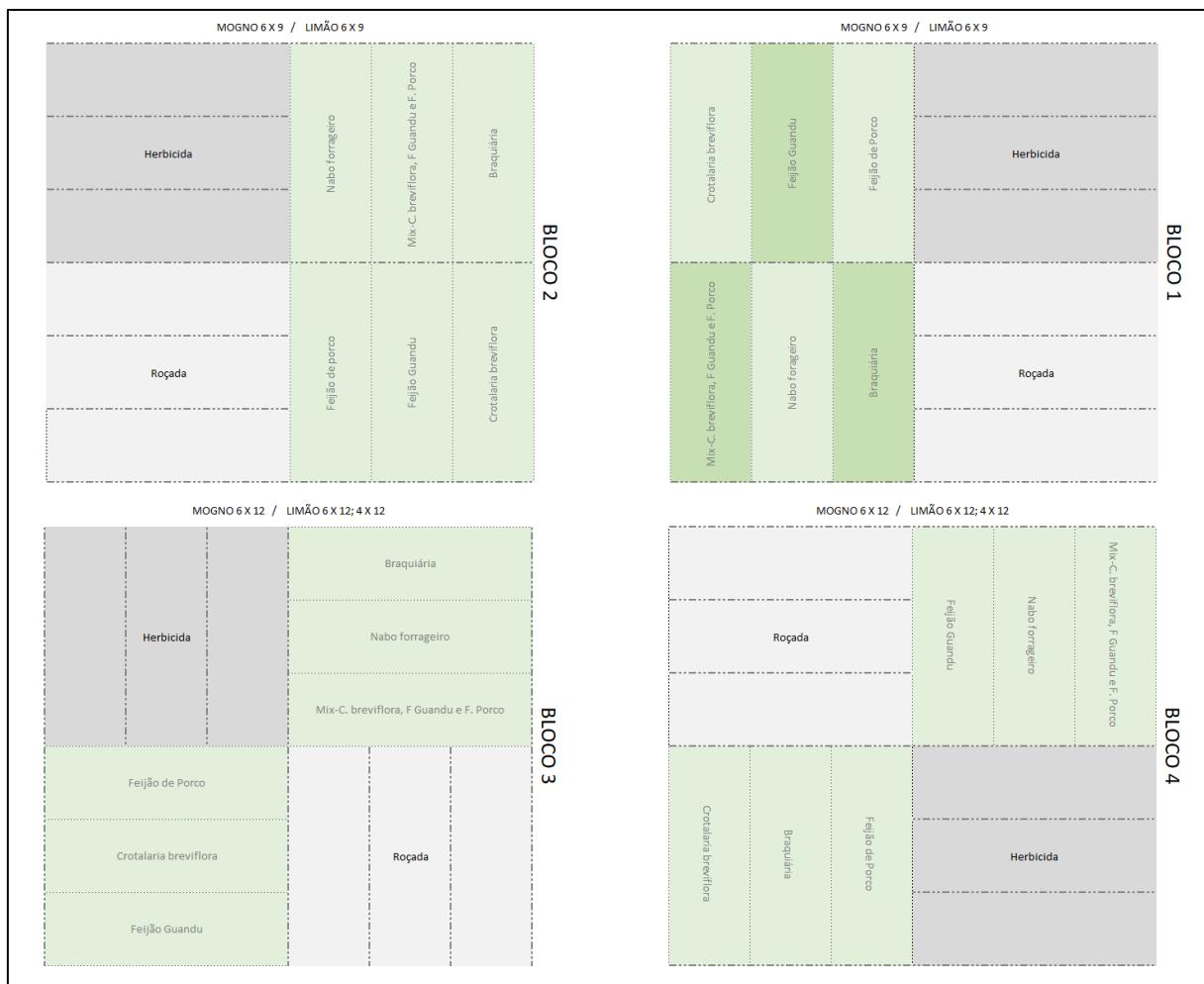
Anteriormente ao plantio, estirpes de rizóbio recomendadas pela Embrapa Agrobiologia e veiculadas em turfa foram utilizadas para a inoculação das sementes das espécies de cobertura (feijão-de-porco, guandu-anão e crotalária). No plantio da crotalária foram empregadas aproximadamente 40 sementes/m linear; para o guandu-anão, 40 sementes/m linear; para o feijão-de-porco, 8 sementes/m linear e para o nabo-forrageiro, 35 sementes/m linear. No tratamento representado pelas leguminosas foi realizada a semeadura de todas leguminosas na

mesma linha, mantendo-se a mesma densidade de sementes/m linear supracitada. Imagens das etapas de instalação do experimento são apresentadas na **Figura 3**.



**Figura 3 –**(A) Demarcação dos blocos e parcelas experimentais. (B) Operação de roçagem utilizando roçadeira lateral. (C) Preparo dos sulcos de plantio com enxadão. (D) Inoculação das espécies leguminosas com estirpes recomendadas de bactérias do gênero *Rhizobium*. (E e F) Semeadura das espécies de cobertura nos sulcos de plantio.

Cada bloco compreendeu a seis entrelinhas de plantio (considera-se neste caso a área disponível entre as linhas plantio de mogno-africano consorciado ao limão-tahiti, sendo cada linha com 60 m de comprimento. Cada tratamento foi formado de três entrelinhas, conforme detalhado na **Figuras 4**. Nos tratamentos com a semeadura das espécies de cobertura do solo, a implantação foi feita perpendicularmente às linhas de plantio.



**Figura 4** - Delineamento experimental nos blocos, em SAF com as plantas formando um grid de 6x9 m.

### 4.3 Avaliações

#### 4.3.1 Controle da *Brachiaria brizantha*

Aproximadamente após 60, 120 e 200 dias após a instalação do experimento foram realizadas amostragens da produção de fitomassa da parte aérea fresca. A primeira avaliação foi conduzida em 24 de abril de 2022. Para tanto, um gabarito de 1 m<sup>2</sup> foi utilizado para delimitar a amostragem. As amostras foram retiradas em três pontos de cada parcela com o auxílio de tesoura de poda, sendo o corte feito ao nível da superfície do solo e imediatamente tomado peso fresco total, conforme exemplificado na **Figura 6**.

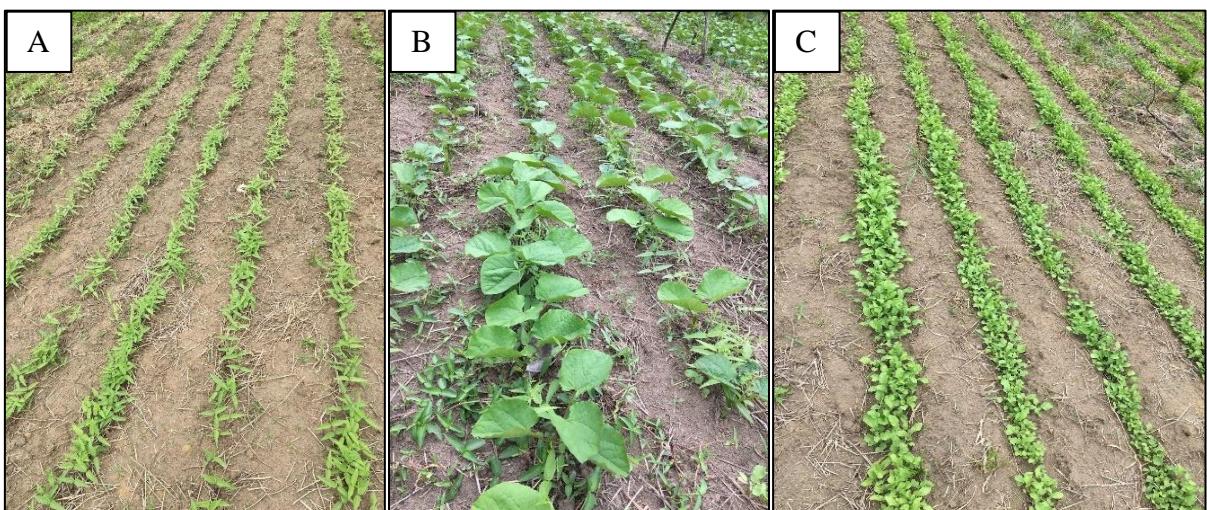
Todo o material foi transportado para o laboratório na Embrapa Agrobiologia e, em cada amostra, foi realizada a separação manual das espécies presentes, sendo então obtido separadamente, o peso fresco da braquiária, de cada espécie de cobertura semeada, e do conjunto das demais espécies herbáceas introduzidas.

Subamostras de cada espécie ou do grupo de espécies regenerantes foram secas em estufa de circulação forçada, à temperatura de 65°C + 3° C por cerca de 72 horas quando se alcançou massa constante. Em seguida, foi feita a pesagem do material em balança analítica digital, conforme metodologia descrita por Ávila *et al.* (2012), para determinação do teor de umidade e a produção de matéria seca da fitomassa.



**Figura 5** – (A) Coleta da fitomassa fresca das espécies estudadas contida dentro dos limites do gabarito de 1m<sup>2</sup>. (B) Obtenção do peso da fitomassa fresca em campo utilizando balança de suspensão analógica.

Na **Figura 7** são mostradas imagens da área durante a etapa do processo de formação da cobertura viva dos tratamentos com as espécies de cobertura do solo e do tratamento com a aplicação do herbicida.





**Figura 6 –**(A) Áreas com guandu-anão, (B) feijão-de-porco e (C) nabo-forrageiro duas semanas após a semeadura. (D) Aspecto da cobertura com guandu-anão aos 120 dias após a instalação do experimento e (E) de área que recebeu aplicação de herbicida no mesmo período.

#### 4.3.2 Caracterização Florística

Foi realizado um levantamento fitossociológico detalhado para identificar as espécies presentes e suas respectivas abundâncias aos 200 dias após a instalação do experimento. Este levantamento envolveu a coleta e identificação taxonômica das plantas de regeneração espontânea, considerando sua diversidade e distribuição no SAF.

Além da caracterização florística, foi realizada a análise estatística para identificar possíveis diferenças na quantidade de indivíduos da regeneração espontânea entre os tratamentos avaliados. Essa análise permitiu avaliar diferenças significativas na composição e abundância das espécies entre os tratamentos. Foi considerado um nível de significância estatística de 5% para determinar a presença de diferenças estatisticamente significantes.

A avaliação da riqueza de espécies, índice de diversidade e equabilidade também fez parte da análise dos dados obtidos. A riqueza de espécies representa o número total de espécies presentes na área de estudo, enquanto o índice de diversidade leva em conta a abundância e a equabilidade das espécies. A equabilidade, por sua vez, expressa o grau de distribuição das espécies dentro da comunidade. Esses indicadores fornecem informações importantes sobre a estrutura e a dinâmica da regeneração espontânea no SAF, contribuindo para uma compreensão mais completa do sistema e auxiliando no planejamento de ações de manejo e conservação.

#### 4.3.3 Análise dos dados

As análises estatísticas e gráficas foram realizadas considerando a variável: produtividade de fitomassa da parte aérea. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância com o auxílio do teste F de Fisher-Snedecor, considerando-se um grau de confiança de 95% ( $\alpha < 0,05$ ), para verificar a ocorrência de efeito dos tratamentos. Quando foram identificadas diferenças significativas impostas pelos tratamentos, procedeu-se à comparação entre as médias aplicando-se o teste de Tukey-Krammer com grau de confiança de 95% ( $\alpha < 0,05$ ).

#### 4.3.4 Avaliação dos custos monetários dos tratamentos

A avaliação dos custos de cada tratamento foi feita utilizando-se os valores pagos na ocasião para a aquisição dos insumos (sementes, herbicida etc.) e da mão de obra, sendo R\$150,00 a hora/máquina (hm), compreendendo o serviço de roçada mecanizada e de

pulverização, além de R\$ 150,00 relativo à diária dos trabalhadores. A análise de custos foi calculada tendo como base uma área equivalente a um hectare (ha).

## 5 RESUTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Avaliação do efeito dos tratamentos no controle da *Brachiaria brizantha*

A produtividade de fitomassa da parte aérea seca (FS) variou em decorrência dos tratamentos implantados em todos os períodos avaliados (**Tabela 2**). Aos 60 dias após a instalação do experimento, os tratamentos relativos ao uso de herbicida glifosato, da semeadura da mistura das leguminosas (crotalária + feijão-de-porco + guandu-anão), da semeadura de feijão-de-porco em monocultivo e do nabo-forrageiro foram os que proporcionaram a maior redução na produtividade de matéria seca da parte aérea da braquiária. Nestes tratamentos o rendimento de biomassa da braquiária foi reduzido em até 83% em relação ao tratamento em que não foi realizado o controle desta gramínea. Estes tratamentos também superaram em eficiência o tratamento representado pelo controle mecânico, o qual apresentava 1,74 t/ha de fitomassa da parte aérea seca da braquiária aos 60 dias após a implantação, com redução relativamente ao controle de 52%, como pode ser observado na **Tabela 2**.

Aos 120 dias após a instalação do experimento, os tratamentos representados pelo controle químico e pela semeadura da mistura de leguminosas e pelo feijão-de-porco, mantiveram níveis de eficiência semelhantes aos observados aos 60 dias. Ao passo que, o tratamento com guandu-anão e com nabo-forrageiro, ambos em monocultivo, perderam eficiência aos 120 dias resultando em redução relativa da fitossama da braquiária em, respectivamente, 60% e 54%. Entretanto, estes tratamentos se mantiveram mais eficientes quando comparados ao controle mecânico (**Tabela 2**).

Já aos 200 dias após a instalação do estudo, à exceção do tratamento com semeadura de nabo-forrageiro, todos os demais se mostraram eficientes em reduzir a fitomassa da parte aérea da braquiária. Contudo, o único tratamento que permaneceu superior ao controle mecânico foi o tratamento com a aplicação de herbicida, o qual manteve redução de 81% quando comparado ao controle sem capina (**Tabela 2**).

Aos 200 dias após a instalação do experimento observou-se que, o cultivo das espécies de cobertura de solo avaliadas não promoveu a efetiva quebra da dominância da braquiária, possivelmente em decorrência do curto ciclo de vida das leguminosas e do nabo forrageiro. Sendo assim, após senescência, o retorno da braquiária, a partir da rebrota e da germinação de sementes do banco, provavelmente é impreditivo do processo de regeneração das espécies representantes da vegetação de ocorrência espontânea.

**Tabela 2** – Produtividade de fitomassa da parte aérea seca (FS) e percentual de redução relativa (%RR) da FS de tratamentos utilizados para o controle de *Urochloa brizantha* aos 60, 120 e 200 dias após a instalação do experimento.

Tratamento	60 dias		120 dias		200 dias	
	t/ha	% RR	t/ha	% RR	t/ha	% RR
Controle (braquiária)	3,61 a	0%	9,04 a	0%	5,85 a	0%
Controle mecânico	1,74 a	52%	6,06 b	33%	3,97 ab	32%
Controle químico (herbicida)	0,68 b	81%	0,00 d	100%	1,09 c	81%
Crotalária	1,43 a	60%	5,15 bc	43%	3,04 bc	48%
Guandu-anão	0,94 a	74%	3,64 c	60%	2,62 bc	55%
Feijão-de-porco	0,68 b	81%	1,12 d	88%	2,22 bc	62%
Mistura de leguminosas*	0,61 b	83%	1,05 d	88%	1,86 bc	68%
Nabo-forrageiro	0,71 b	80%	4,17 c	54%	4,16 a	29%

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

\*Mistura de sementes contendo crotalária, guandu-anão e feijão-de-porco

No uso de espécies cobertura de solo, em monocultivo ou na mistura, o feijão-de-porco se mostrou mais eficiente na redução da fitomassa seca da parte aérea da braquiária. Corroborando com o presente trabalho, Santos *et al.* (2020) destacaram a maior eficiência do feijão-de-porco no controle de *Urochloa brizantha* quando comparado a outras espécies de leguminosas. Esta espécie contribui para a redução da fitomassa das plantas espontâneas, restringindo a oferta de luz ao banco de sementes de plantas daninhas do solo em razão de seu crescimento rápido e da arquitetura ramificada e os folíolos largos característicos dessa espécie (LOPES, 1998; FERNANDES *et al.*, 1999). Além disso, o feijão-de-porco destaca-se no incremento de macronutrientes, especialmente de N através da fixação biológica de nitrogênio, e no aumento da matéria orgânica sobre o solo (TEODORO *et al.*, 2011).

Carvalho *et al.* (2013) também constataram o potencial do feijão-de-porco, tanto em cultivos “solteiros” quanto em consórcio com gramíneas e com outras famílias botânicas utilizadas como coberturas de solo. Segundo os autores, esta espécie, semeada em monocultivo, apresenta taxas de cobertura do solo, até a ocasião do corte, superior a outras leguminosas.

O guandu-anão também apresentou boa eficiência no controle da braquiária, fato que corrobora outros estudos com essa espécie que obtiveram sucesso no controle de espécies invasoras (LEONIDAS *et al.*, 2000; FONTANETTI *et al.*, 2004; GORRETA, 1998; FERNANDES, 1999). Essa espécie, assim como o feijão-de-poco também forma uma associação simbiótica com as bactérias diazotróficas o que resulta no aporte de N<sub>2</sub> derivado da atmosfera para o solo, auxiliando na fertilização natural do solo.

O tratamento representado com a mistura de leguminosas, em grande medida devido à maior densidade de plantas, permitiu uma cobertura rápida do solo, fato que resultou na alta eficiência no controle da braquiária. Neste arranjo, o feijão-de-porco e o guandu-anão tiveram papel predominante, já que a crotalária neste arranjo não se desenvolveu bem.

Considerando a mistura de leguminosas, o aumento da densidade de semeadura resulta em menor exploração do solo pelo sistema radicular (Haynes & Sayre, 1956), contribuindo para uma maior competição entre as plantas/espécies pelos nutrientes disponíveis (Tomas, 1999). Estas observações permitem supor que além da competição por luz, a limitação imposta ao crescimento, devido ao aumento populacional, possa ser de natureza nutricional ou hídrica.

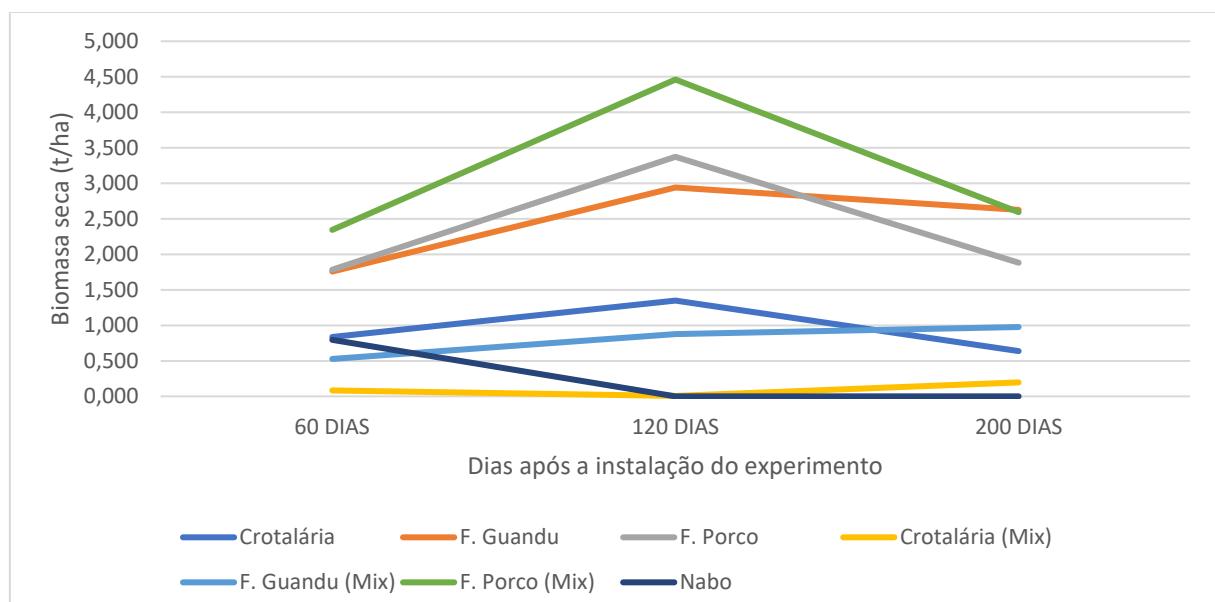
Em relação ao nabo-forrageiro, apesar de sua alta eficiência de controle aos 60 dias, houve redução nas etapas subsequentes de monitoramento. Isso ocorreu em razão do semeio precoce da espécie, ou seja, durante o verão no mês de fevereiro. Segundo Theisen (2008), o cultivo de nabo-forrageiro é recomendado a partir do outono, predominando nos cultivos de inverno. Em razão do semeio precoce, a espécie emitiu floração em menos de 30 dias após a instalação do experimento e já estava em processo avançado de senescência aos 120 dias após a instalação do experimento, razão da baixa efetividade no controle da braquiária no segundo e terceiro períodos avaliados.

Dentre as leguminosas de cobertura utilizadas, a *Crotalaria breviflora* foi a menos eficiente no controle produtividade de fitomassa seca da parte aérea da braquiária. Experimentos realizados por Andrade *et. al.* (2022) e Preston *et al.* (2019), mostram que a crotalária breviflora apresenta as menores taxas de coberturas na fase inicial, mas que após esta fase, apresenta alto potencial, mesmo em solos com baixa fertilidade natural.

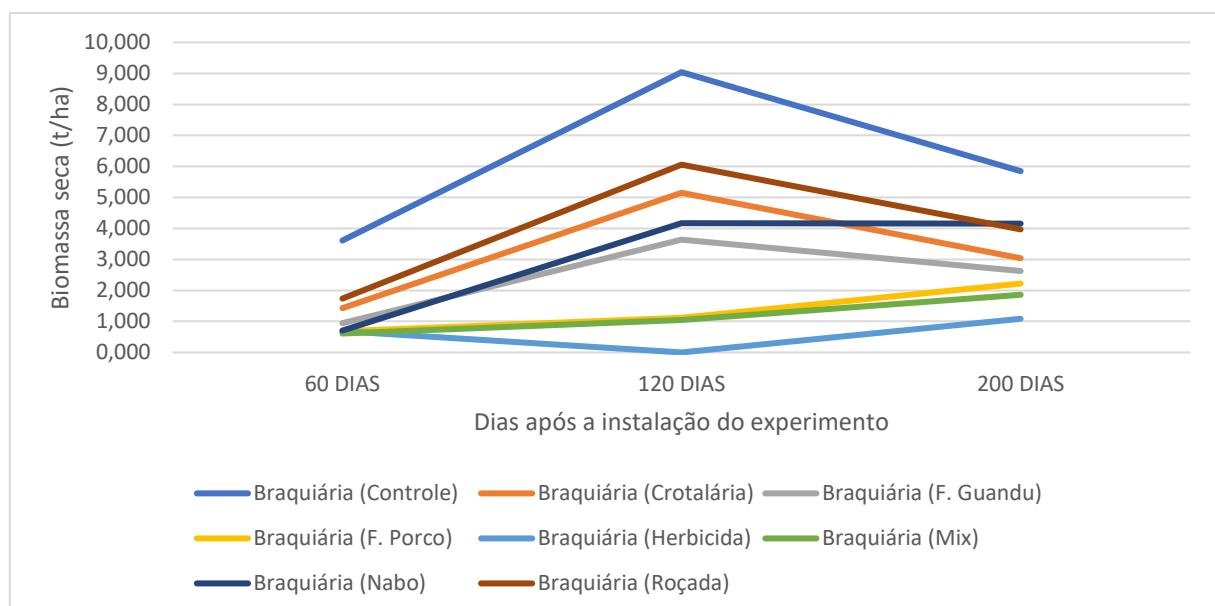
Considerando que o tratamento com semeadura de crotalária breviflora apresentou baixa efetividade, há que se avaliar os motivos de seu baixo desempenho. As razões podem estar associadas a dois fatores observados em campo. Primeiramente, dentre todas as espécies testadas, a crotalária foi a que apresentou a menor velocidade de germinação das sementes em campo. Segundo, as plantas em geral apresentaram folhas malformadas e encarquilhadas,

possivelmente em razão de problemas fitossanitários. Por fim há que se considerar a própria característica do crescimento da espécie, que está diretamente relacionada com o fotoperíodo.

A evolução da produção das espécies de cobertura de solo e da braquiária em cada tratamento ao longo do período de avaliação é apresentada, respectivamente, na **Figura 8** e **Figura 9**.



**Figura 7** – Produtividade de fitomassa seca da parte aérea de crotalária breviflora, guandu-anão e feijão-de-porco em monocultivo ou em consórcio (mistura) e do nabo-forrageiro em monocultivo aos 60, 120 e 200 dias após a instalação do experimento.



**Figura 8** – Produtividade de fitomassa seca da parte aérea de *Urochloa brizantha* em concomitância ao cultivo de plantas de cobertura e em tratamento controle aos 60, 120 e 200 dias após a instalação do experimento.

A análise feita a partir dos gráficos denota a redução da produtividade de FS das espécies de cobertura de solo em todos os tratamentos aos 200 dias após instalação do experimento (**Figura 8**). Esta tendência era esperada devido ao ciclo de vida das espécies, contudo para a braquiária esse é um efeito adverso. Em um experimento de avaliação da produtividade de

*Urochloa brizantha*, Cunha *et. al* (2008) obteve uma produtividade média de 14,76 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Na literatura, o potencial produtivo desta gramínea é de até 21 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (JANK *et al.*, 2005), valor esse bem acima do obtido no tratamento controle do presente trabalho.

A baixa produção de FS das espécies de cobertura verde e de *Urochloa brizantha* podem ser explicadas pelas diversas enchentes que ocorreram na região de Lídice – Rio Claro, RJ nos meses de abril a junho de 2022. O alagamento foi causado pelo transbordamento dos rios Parado e das Pedras. No total, foram três enchentes que invadiram a área experimental, em particular nos blocos 1 e 2. Os efeitos do encharcamento temporário foram observados aos 120 dias após a instalação do experimento e se tornaram ainda mais evidentes aos 200 dias após a semeadura, resultando em redução expressiva na produtividade de FS das espécies de cobertura, exceto no feijão-guandu anão.

Outra possível explicação seria o fato de a implantação do experimento ter ocorrido já no final do período de verão. A braquiária possui metabolismo fotossintético C4, que lhe confere maior taxa de crescimento, maior eficiência na produção de biomassa seca, com menor utilização de água e maior aproveitamento da energia luminosa (BRIGHENTI e OLIVEIRA, 2011). Cunha *et. al* (2008) relatam que a produtividade da *Urochloa brizantha* (t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) é, em geral, maior na estação de primavera-verão em relação à estação de outono-inverno. Isso se dá em decorrência dos menores valores de radiação e de temperatura na estação de outono-inverno. Por fim, há que se considerar que a produção de FS observada no experimento comprehende a um período de 200 dias, enquanto os resultados obtidos na literatura apresentam valores de rendimentos anuais.

A evidência dos efeitos climáticos no resultado do trabalho levanta outra questão, que é a avaliação da precisão experimental. A verificação da precisão experimental (qualidade) dos resultados de um experimento em que se analisa diversas espécies, e de outros ensaios, é importante para a confirmação das conclusões obtidas. O indicador que exibe essa confirmação é o coeficiente de variação (CV). O CV representa uma estimativa do erro experimental, em relação à média geral, e é uma ferramenta estatística empregada como medida de avaliação da qualidade do experimento (PIMENTEL e GOMES, 1990). Quanto menor for o valor do CV, maior será a precisão do ensaio e vice-versa, e, quanto maior a precisão (maior qualidade) experimental, menores diferenças entre estimativas de médias serão significativas.

Na análise dos dados experimentais, aos 200 dias após a implantação, foi obtido um CV de 48,90% ( $p>0,05$ ). Contudo, casos de experimentos com precisão média, alta ou muito alta não são preocupantes. O problema de um CV alto em um experimento está nos casos em que, apesar de não ter ocorrido nenhum fato relevante durante a sua condução que justifique tal resultado, a precisão é muito baixa (CV muito alto) e quando, além disso, o experimento é de efeito não significativo para tratamento (FILHO e STORCK, 2007). Dessa forma, conclui-se que a baixa precisão experimental é justificada por estes fatores pelos fatores abióticos e que, apesar de impactar o resultado das análises, não justifica o descarte do experimento.

## 5.2 Efeito dos tratamentos na regeneração espontânea

Enquanto em todos os tratamentos com cobertura verde a braquiária passou a ganhar dominância novamente assim que as espécies introduzidas iniciaram o processo de senescência, no tratamento com herbicida, o qual foi direcionado somente à gramínea após a primeira aplicação, ocorreu uma profunda alteração florística com a eliminação da dominância da braquiária, **Figura 10**.



**Figura 9** – Regeneração natural de espécies dicotiledôneas herbáceas no tratamento com aplicação de herbicida direcionado à *Urochloa brizantha* aos 200 dias após o início do tratamento.

As várias espécies espontâneas regenerantes eram em geral dicotiledôneas herbáceas. Na **Tabela 3** encontram-se apresentadas as espécies e a respectiva frequência da população de ocorrência espontânea aos 200 dias após a instalação do experimento.

**Tabela 3 - Distribuição das plantas espontâneas coletada por bloco, tratamento, família e espécie.**

Bloco	Tratamento	Família	Nome Completo	Número de Indivíduos
Controle (braquiária)		Malvaceae	<i>Sida cf. rhombifolia L.</i>	1
		Solanaceae	<i>Solanum cf. mauritianum Scop.</i>	2
		Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	2
		Asteraceae	<i>Vernonanthura polyanthes (Sprengel) Vega &amp; Dematteis</i>	1
Controle mecânico		Solanaceae	<i>Solanum cf. mauritianum Scop.</i>	1
		Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	2
		Asteraceae	<i>Austroeupatorium inulaefolium (Kunth) R.M.King &amp; H.Rob.</i>	1
Controle químico		Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	8
		Asteraceae	<i>Vernonanthura polyanthes (Sprengel) Vega &amp; Dematteis</i>	1
		Fabaceae	<i>Mimosa invisa Mart. ex Colla</i>	2
		Malvaceae	<i>Sida cf. rhombifolia L.</i>	1
1	Mix de espécies leguminosas	-	-	-
	Semeadura de Crotalária	Asteraceae	<i>Chormolaena maximiliani (Schrad. ex DC.) R.M.King &amp; H.Rob.</i>	5
		Asteraceae	<i>Austroeupatorium inulaefolium (Kunth) R.M.King &amp; H.Rob.</i>	5
		Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	7
		Asteraceae	<i>Vernonanthura polyanthes (Sprengel) Vega &amp; Dematteis</i>	4
		Asteraceae	<i>Vernonanthura polyanthes (Sprengel) Vega &amp; Dematteis</i>	2
	Semeadura de Nabo forrageiro	Solanaceae	<i>Solanum cf. mauritianum Scop.</i>	3
	Semeadura do Feijão guandu-anão	Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	3
		Asteraceae	<i>Vernonanthura polyanthes (Sprengel) Vega &amp; Dematteis</i>	1
		Asteraceae	<i>Ambrosia polystachya DC.</i>	1
		Asteraceae	<i>Chormolaena maximiliani (Schrad. ex DC.) R.M.King &amp; H.Rob.</i>	1
Semeadura do Feijão-de-porco		Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	3
		Asteraceae	<i>Lepidaploa (Cass.) Cass.</i>	5
		Asteraceae	<i>Ambrosia polystachya DC.</i>	1

	Asteraceae	<i>Vernonanthura polyanthes (Sprengel) Vega &amp; Dematteis</i>	3
	Malvaceae	<i>Sida cordifolia L.</i>	3
	Solanaceae	<i>Solanum cf. mauritianum Scop.</i>	1
	Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	3
	Asteraceae	<i>Ambrosia polystachya DC.</i>	3
	Asteraceae	<i>Vernonanthura polyanthes (Sprengel) Vega &amp; Dematteis</i>	1
	Solanaceae	<i>Solanum cf. mauritianum Scop.</i>	2
	Asteraceae	<i>Ambrosia polystachya DC.</i>	1
	Mix de espécies leguminosas	<i>Sida cordifolia L.</i>	9
2	Semeadura de Crotalária	<i>Malvaceae</i>	
		<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	3
		<i>Asteraceae</i>	
		<i>Vernonanthura polyanthes (Sprengel) Vega &amp; Dematteis</i>	2
	Semeadura de Nabo forrageiro	<i>Asteraceae</i>	
		<i>Vernonanthura polyanthes (Sprengel) Vega &amp; Dematteis</i>	3
		<i>Asteraceae</i>	
		<i>Ambrosia polystachya DC.</i>	4
	Semeadura do Feijão guandu-anão	<i>Solanaceae</i>	
		<i>Solanum paniculatum L.</i>	2
	Semeadura do Feijão-de-porco	<i>Malvaceae</i>	
		<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	1
		<i>Asteraceae</i>	
		<i>Austroeupatorium inulaefolium (Kunth) R.M.King &amp; H.Rob.</i>	3
		<i>Solanaceae</i>	
		<i>Solanum cf. mauritianum Scop.</i>	9
		<i>Asteraceae</i>	
		<i>Ambrosia polystachya DC.</i>	4
	Controle (braquiária)	<i>Malvaceae</i>	
		<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	1
		<i>Malvaceae</i>	
		<i>Urena lobata L.</i>	1
	Controle mecânico	-	-
	Controle químico	<i>Asteraceae</i>	
		<i>Austroeupatorium inulaefolium (Kunth) R.M.King &amp; H.Rob.</i>	3
		<i>Malvaceae</i>	
		<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	3
3		<i>Asteraceae</i>	
		<i>Vernonanthura polyanthes (Sprengel) Vega &amp; Dematteis</i>	3
		<i>Asteraceae</i>	
		<i>Baccharis cf. trinervis Pers.</i>	3
	Mix de espécies leguminosas	-	-
	Semeadura de Crotalária	-	-
	Semeadura de Nabo forrageiro	-	-
	Semeadura do Feijão guandu-anão	-	-

	Semeadura do Feijão-de-porco	-	-	-
	Controle (braquiária)	Malvaceae	<i>Urena lobata L.</i>	9
	Controle mecânico	Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	1
		Lamiaceae	<i>N.I.</i>	2
		Malvaceae	<i>Urena lobata L.</i>	6
	Controle químico	Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	2
		Malvaceae	<i>Urena lobata L.</i>	4
4	Mix de espécies leguminosas	Malvaceae	<i>Urena lobata L.</i>	3
		Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	1
	Semeadura de Crotalária	-	-	-
	Semeadura de Nabo forrageiro	Malvaceae	<i>Urena lobata L.</i>	3
	Semeadura do Feijão guandu-anão	Malvaceae	<i>Urena lobata L.</i>	5
		Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba Jacq.</i>	1
	Semeadura do Feijão-de-porco	Malvaceae	<i>Urena lobata L.</i>	5
		Rubiaceae	<i>Borreria verticillata (L.) G.Mey.</i>	1

N.I. indivíduo não identificado ao nível de espécie

- Tratamentos onde não foram encontradas espécies de regeneração espontânea

Identificaram-se 14 espécies a partir do levantamento fitossociológico, distribuídas em 6 famílias, sendo Asteraceae a mais representativa com sete espécies. As famílias Malvaceae e Solanaceae apresentaram, respectivamente, quatro e duas espécies e as famílias Fabaceae, Lamiaceae e Rubiaceae foram representadas por uma única espécie cada. Cumpre destacar que, apesar dos esforços empreendidos na triagem e análise dos espécimes, não foi possível realizar a identificação taxonômica do indivíduo coletado da família Lamiaceae em nível específico.

A família Asteraceae apresentou maior número de espécies identificadas, em sua maioria nativas e com baixo potencial de infestação. Essa família é conhecida por sua capacidade de colonizar áreas perturbadas e por ser importante fonte de alimento e abrigo para insetos e aves em SAFs (COSTA *et al.*, 2017).

A família Malvaceae é comumente encontrada em áreas perturbadas, e as espécies pertencentes a essa família possuem potencial para colonizar áreas com solo degradado. A espécie *Triumfetta semitriloba* Jacq., presente em grande quantidade, é uma das espécies reconhecida pela capacidade de se desenvolver em solos degradados, além de apresentar propriedades medicinais (POTT; POTT, 1994). Da mesma foram, a espécie *Solanum cf. mauritianum* Scop., da família Solanaceae, também possui capacidade de se desenvolver em solos degradados e apresenta propriedades medicinais (GONÇALVES; GONÇALVES, 2004).

As espécies da família Asteraceae também possuem grande importância na regeneração espontânea em SAFs. A espécie *Vernonanthura polyanthes* (Sprengel) Vega & Dematteis é da família Fabaceae é nativa do Brasil e apresenta potencial para ser utilizada em projetos de recuperação de áreas degradadas devido à sua capacidade de fixar nitrogênio e melhorar a qualidade do solo (FERREIRA; LEITE, 2016).

Realizou-se a análise estatística para identificar diferenças na quantidade de indivíduos da regeneração espontânea entre os tratamentos. Contudo não foram identificadas diferenças no nível de 5% de probabilidade. Entretanto, a riqueza de espécies, o índice de diversidade e equabilidade foram avaliados, conforme exibido na **Tabela 4**.

**Tabela 4** - Riqueza (número de espécies), índices diversidade de Shannon-Weaver e Índice de Equabilidade de Pielou nos tratamentos.

Tratamento	Riqueza	Diversidade H' (Shannon-Weaver)	Equabilidade (Pielou)
Controle (braquiária)	5	1,55	0,97
Controle mecânico	6	0,78	0,44
Controle químico	9	1,19	0,54
Mix de espécies leguminosas	3	0,83	0,75
Semeadura de Crotalária	4	1,26	0,91
Semeadura de Nabo forrageiro	4	0,57	0,41
Semeadura do Feijão guandu-anão	6	0,57	0,32
Semeadura do Feijão-de-porco	8	1,08	0,52

De acordo com Odum (1988), o índice de diversidade de Shannon-Weaver é considerado alto quando alcança valores acima de 3, médio entre 2 e 3, baixo entre 1 e 2 e muito baixo quando apresenta resultados menores que 1. Ao analisar os resultados obtidos, é possível observar que todos os tratamentos apresentaram índices de diversidade baixos a muito baixos.

A baixa diversidade observada pode ser um fator comprometedor da resiliência ecológica do SAF, bem como reduzir a produtividade e qualidade dos produtos cultivados. Além disso, essa situação pode aumentar a vulnerabilidade do sistema a pragas e doenças, diminuindo a eficiência ecológica do sistema em fornecer serviços ecossistêmicos, como a

polinização e o controle da erosão hídrica do solo (KAYE et al., 2009; RODRIGUES et al., 2017).

Por sua vez, o índice de equabilidade, que mede a uniformidade da distribuição de espécies em uma comunidade, varia de 0 a 1, sendo considerado alto quando maior que 0,5. Valores baixos de equabilidade indicam a dominância de uma ou mais espécies, enquanto valores altos demonstram uma distribuição uniforme dos indivíduos na comunidade. (ODUM, 1998). Os valores de equabilidade encontrados para o tratamento de controle, controle químico, mix de leguminosas, semeadura de crotalária e semeadura de feijão-de-porco foram altos, enquanto os demais ficaram abaixo da média.

Observando a quantidade de espécies do tratamento controle, em valores absolutos (**Tabela 3**), foi possível notar o impedimento que a *Urochloa brizantha* causa no estabelecimento de outras espécies. Da mesma forma, considerando que o curto ciclo de vida das espécies de cobertura introduzidas não promove a efetiva quebra da dominância da braquiária, após a sua senescência, o retorno da braquiária impede a continuação do processo de regeneração espontânea.

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

Nesse sentido, a realização do controle químico foi um fator positivo pois apresentou resultado eficaz na quebra da dominância da braquiária, permitindo o estabelecimento de espécies herbáceas que, por sua vez, são fundamentais no processo de sucessão, atuando como pioneiros no ambiente perturbado (ARAÚJO *et. al.*, 2004; LORENZI, 2008). Segundo Christoffoleti & Caetano (1998), estas espécies se proliferaram rapidamente em locais abertos e estão adaptadas para suportar condições climáticas adversas, tolerar variações de temperatura e umidade e apresentarem alta capacidade de produção de sementes.

### 5.3 Avaliação dos custos do projeto

O rendimento das atividades de implantação e manutenções estão apresentados na **Tabela 4**. O baixo rendimento, em relação à referência da literatura, pode ser explicado devido a diversidade de tratamentos e suas divisões no campo o que demandou maior cuidado e consequente diminuição do rendimento. Entretanto, para permitir uma margem de segurança, os valores obtidos foram mantidos para efeito de cálculo de custo/ha de cada tratamento.

**Tabela 5** - Rendimento das atividades realizadas nos tratamentos de controle de *Brachiaria brizantha* em hora/homem por hectare (hh/ha) e hora/máquina por hectare (hm/ha) por fase de execução.

Etapas	Atividade	Área (ha) <sup>1</sup>	Hora homem (hh)	Rendimento (hh/ha) ou (hm/ha)	Referência <sup>2</sup>
Implantação	Aplicação de herbicida	1,215	29,16	24,00	18 hh/ha
	Preparo dos sulcos	1,215	34,43	28,33	-
	Semeadura manual	1,215	22,95	18,89	-
Primeira manutenção	Roçada semimecanizada	0,304	4,10	13,50	20 hh/ha
	Coroamento	0,304	7,53	24,80	-
	Aplicação de herbicida	0,304	7,29	24,00	18 hh/ha
	Roçada semimecanizada	0,304	4,10	13,50	20 hh/ha

<b>Segunda manutenção</b>	Coroamento	0,304	7,53	24,80	-
	Aplicação de herbicida	0,304	7,29	24,00	18 hh/ha

<sup>1</sup> 1,25 corresponde a área total do experimento; <sup>2</sup> NAVE et al, 2009.

O custo de mão de obra e implementos utilizados são apresentados na **Tabela 5**. Os valores unitários utilizados de locação de implementos e diária de operadores são embasados nos preços adotados na região de Lídice-Rio Claro-RJ no período de fevereiro de 2022.

**Tabela 6** - Custo de mão de obra e implementos utilizados na implantação do projeto de controle *Brachiaria brizantha*, horas necessárias para realizar as atividades e custo por hectare, em R\$/ha.

Mão de obra / Implementos	Custo/hora (R\$)	Hora trabalhadas (h)	Custo do projeto (R\$)	Custo/ha (R\$)
<b>Implantação</b>				
<b>Aplicação de herbicida<sup>1</sup></b>	R\$ 18,75	29,16	R\$ 546,78	R\$ 450,00
<b>Preparo dos sulcos</b>	R\$ 18,75	34,43	R\$ 645,51	R\$ 531,25
<b>Semeadura</b>	R\$ 18,75	22,95	R\$ 430,34	R\$ 354,16
<b>Primeira manutenção</b>				
<b>Roçada semimecanizada<sup>2</sup></b>	R\$ 18,75	4,10	R\$ 76,89	R\$ 253,13
<b>Coroamento</b>	R\$ 18,75	7,53	R\$ 141,25	R\$ 465,00
<b>Aplicação de herbicida<sup>1</sup></b>	R\$ 18,75	7,29	R\$ 136,70	R\$ 450,00
<b>Segunda manutenção</b>				
<b>Roçada semimecanizada<sup>2</sup></b>	R\$ 18,75	4,10	R\$ 76,89	R\$ 253,13
<b>Coroamento</b>	R\$ 18,75	7,53	R\$ 141,25	R\$ 465,00
<b>Aplicação de herbicida<sup>1</sup></b>	R\$ 18,75	7,29	R\$ 136,70	R\$ 450,00
<b>Custo Total</b>				
			<b>R\$ 2.332,31</b>	<b>R\$ 3.671,66</b>

<sup>1</sup> Feito com pulverizador costal; <sup>2</sup> Uso de roçadeira costal.

Os custos dos insumos são apresentados na **Tabela 6**. Os preços unitários foram definidos com base em consulta na região Sul Fluminense no primeiro semestre de 2022.

**Tabela 7** - Relação de insumos utilizados na implantação do projeto de controle *Brachiaria brizantha*, custo unitário, quantidades e custo por hectare, em R\$/ha.

Insumos	Custo unit (R\$/Kg ou R\$/L)	Quantidade	Custo do projeto (R\$)	Custo/ha (R\$)
<b>Implantação</b>				
<b>Herbicida (glyphosate)</b>	R\$ 105,00	2,43 l	R\$ 255,17	R\$ 210,00
<b>Sementes de Crotalária</b>	R\$ 27,00	2,53 kg	R\$ 68,35	R\$ 675,00
<b>Sementes de F.guandu-anão</b>	R\$ 29,70	4,05 kg	R\$ 120,29	R\$ 1.188,00
<b>Sementes de F. de porco</b>	R\$ 17,10	12,15 kg	R\$ 207,78	R\$ 2.052,00
<b>Sementes de Nabo forrageiro</b>	R\$ 12,60	0,30 kg	R\$ 3,83	R\$ 37,80
<b>Primeira manutenção</b>				
<b>Herbicida (glyphosate)</b>	R\$ 105,00	0,61 l	R\$ 63,79	R\$ 210,00

<b>Gasolina para roçadeira</b>	R\$	7,23	2,05 l	R\$	14,82	R\$	48,80
<b>Óleo 2T para roçadeira</b>	R\$	38,00	0,04 l	R\$	1,56	R\$	5,13
<b>Depreciação da roçadeira</b>	R\$	0,34	4,10 h	R\$	1,40	R\$	4,60
<b>Ferramentas manuais</b>	R\$	23,27	1,00 und	R\$	23,27	R\$	23,27
<b>Segunda manutenção</b>				<b>R\$</b>	<b>104,84</b>	<b>R\$</b>	<b>291,80</b>
<b>Herbicida (glyphosate)</b>	R\$	105,00	0,61 l	R\$	63,79	R\$	210,00
<b>Gasolina para roçadeira</b>	R\$	7,23	2,05 l	R\$	14,82	R\$	48,80
<b>Óleo 2T para roçadeira</b>	R\$	38,00	0,04 l	R\$	1,56	R\$	5,13
<b>Depreciação da roçadeira</b>	R\$	0,34	4,10 h	R\$	1,40	R\$	4,60
<b>Ferramentas manuais</b>	R\$	23,27	1,00 und	R\$	23,27	R\$	23,27
<b>Custo Total</b>				<b>R\$</b>	<b>865,09</b>	<b>R\$</b>	<b>4.746,40</b>

O controle mecânico com operações de roçada e capinas, o qual é tradicionalmente realizado na área, foi o mais intensivo em utilização de mão de obra com custo anual de R\$ 1.599,85/ha. Os manejos de controle cultural, envolvendo o semeio de plantas de cobertura, tiveram custo de R\$ 1.335,41/ha, sendo o controle químico com herbicida o menos intensivo em utilização de mão-de-obra com custo anual de R\$ 1.980,00/ha.

Considerando o rendimento das atividades de implantação e manutenções apresentados na **Tabela 3**, foi realizada a estimativa dos custos por hectare por tratamento. Os resultados são apresentados nas **Tabelas 7 e 8**.

**Tabela 8** - Custos de mão de obra e implementos (R\$/ha) de tratamentos de controle de braquiária brizantha utilizando controle mecânico, controle químico ou plantas de cobertura em área de sistema agroflorestal em Lídice, Rio Claro, RJ.

Mão de obra / Implementos	Crotalária	Guandu anão	Feijão de porco	Nabo forrageiro	Mix de leguminosas	Controle mecânico	Controle químico
<b>Implantação</b>	R\$ 1.335,41	R\$ 450,00	R\$ 450,00				
<b>Aplicação de herbicida</b>	R\$ 450,00						
<b>Preparo dos sulcos</b>	R\$ 531,25	-	-				
<b>Semeadura</b>	R\$ 354,16	-	-				
<b>Primeira manutenção</b>	R\$ -	R\$ 718,13	R\$ 450,00				
<b>Roçada semimecanizada</b>	R\$ -	R\$ 253,13	R\$ -				
<b>Coroamento</b>	R\$ -	R\$ 465,00	R\$ -				
<b>Aplicação de herbicida</b>	R\$ -	-	R\$ 450,00				
<b>Segunda manutenção</b>	R\$ -	R\$ 718,13	R\$ 450,00				
<b>Roçada semimecanizada</b>	R\$ -	R\$ 253,13	R\$ -				
<b>Coroamento</b>	R\$ -	R\$ 465,00	R\$ -				
<b>Aplicação de herbicida</b>	R\$ -	-	R\$ 450,00				
<b>Custo Total</b>	<b>R\$ 1.335,41</b>	<b>R\$ 1.886,25</b>	<b>R\$ 1.350,00</b>				

**Tabela 9** - Custos de insumos (R\$/ha) de tratamentos de controle de braquiária-brizantha utilizando controle mecânico, controle químico ou plantas de cobertura em área de sistema agroflorestal em Lídice, Rio Claro, RJ.

Insumos	Crotalária	Guandu anão	Feijão de porco	Nabo forrageiro	Mix de leguminosas	Controle mecânico	Controle químico
<b>Implantação</b>	R\$ 885,00	R\$ 1.398,00	R\$ 2.262,00	R\$ 247,80	R\$ 4.125,00	R\$ 210,00	R\$ 210,00
<b>Herbicida (glyphosate)</b>	R\$ 210,00	R\$ 210,00	R\$ 210,00	R\$ 210,00	R\$ 210,00	R\$ 210,00	R\$ 210,00
<b>Sementes de Crotalária</b>	R\$ 675,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 675,00	-	-
<b>Sementes de Feijão guandu</b>	R\$ -	R\$ 1.188,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 1.188,00	-	-
<b>Sementes de Feijão de porco</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ 2.052,00	R\$ -	R\$ 2.052,00	-	-
<b>Sementes de Nabo forrageiro</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 37,80	R\$ -	-	-
<b>Primeira manutenção</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 81,80	R\$ 210,00

<b>Herbicida (glyphosate)</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 210,00
<b>Gasolina para roçadeira</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48,80	R\$ -	R\$ -
<b>Óleo 2T para roçadeira</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5,13	R\$ -	R\$ -
<b>Depreciação da roçadeira</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 4,60	R\$ -	R\$ -
<b>Ferramentas manuais</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 23,27	R\$ -	R\$ -
<b>Segunda manutenção</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ 81,80</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ 210,00</b>
<b>Herbicida (glyphosate)</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 210,00
<b>Gasolina para roçadeira</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48,80	R\$ -	R\$ -
<b>Óleo 2T para roçadeira</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5,13	R\$ -	R\$ -
<b>Depreciação da roçadeira</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 4,60	R\$ -	R\$ -
<b>Ferramentas manuais</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 23,27	R\$ -	R\$ -
<b>Custo Total</b>	<b>R\$ 885,00</b>	<b>R\$ 1.398,00</b>	<b>R\$ 2.262,00</b>		<b>R\$ 247,80</b>	<b>R\$ 4.125,00</b>		<b>R\$ 373,60</b>	<b>R\$ 630,00</b>		

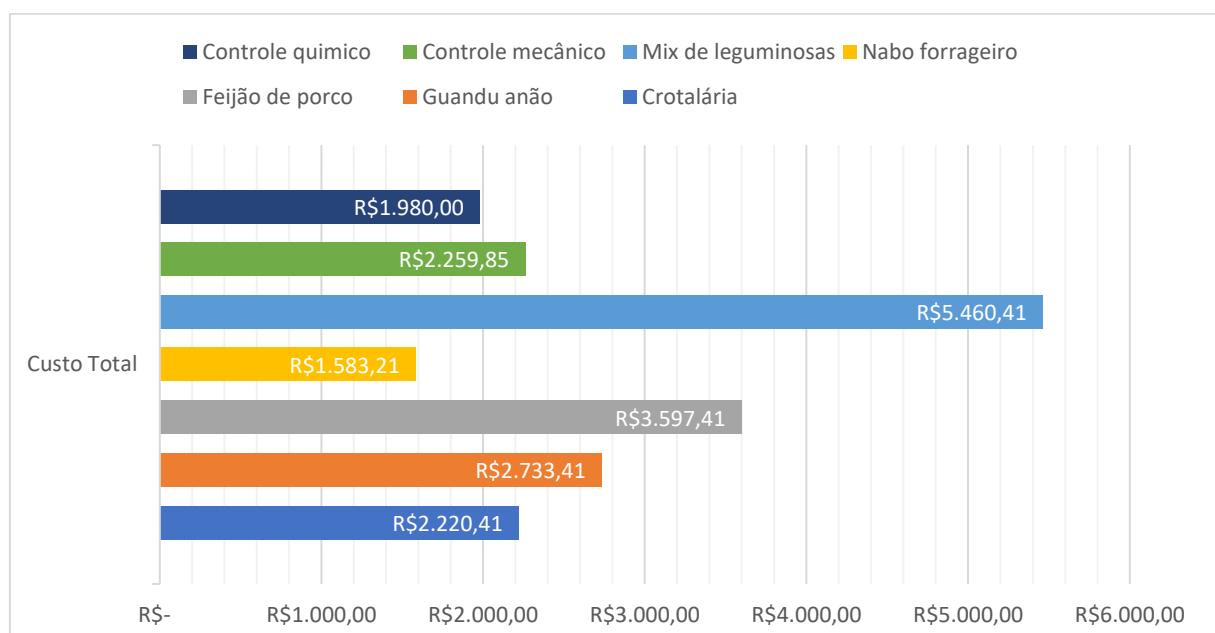
**Tabela 10** - Custos total consolidado (R\$/ha) da implantação dos tratamentos de controle de braquiária-brizanha utilizando controle mecânico, controle químico ou plantas de cobertura em área de sistema agroflorestal em Lídice, Rio Claro, RJ.

Consolidado	Crotalária		Guandu anão		Feijão de porco		Nabo forrageiro		Mix de leguminosas		Controle mecânico	Controle químico
	Mão de obra e implementos	R\$ 1.335,41	R\$ 1.335,41	R\$ 1.335,41	R\$ 1.335,41	R\$ 1.886,25	R\$ 1.350,00					
Insumos	R\$ 885,00	R\$ 1.398,00	R\$ 2.262,00	R\$ 247,80	R\$ 4.125,00	R\$ 373,60	R\$ 630,00					
<b>Custo Total</b>	<b>R\$ 2.220,41</b>	<b>R\$ 2.733,41</b>	<b>R\$ 3.597,41</b>	<b>R\$ 1.583,21</b>	<b>R\$ 5.460,41</b>	<b>R\$ 2.259,85</b>	<b>R\$ 1.980,00</b>					

Em relação aos custos dos insumos, as sementes adquiridas para o semeio das espécies de cobertura tiveram peso significativo, especialmente quando a densidade de semeadura foi maior, como no tratamento envolvendo a mistura das espécies leguminosas. Neste caso o custo total dos insumos alcançou R\$ 4.125,00/ha. Em sequência, do maior para o menor custo no que se refere aos insumos, vieram os manejos com feijão-de porco (R\$ 2.262,00/ha), guandu-anão (R\$ 1.398,00/ha) e crotalária (R\$ 885,00/ha), controle químico (R\$ 525,00/ha), controle mecânico (R\$ 630,00/ha) e nabo-forrageiro (R\$ 248,00/ha).

É importante destacar que, os tratamentos com as espécies de cobertura com leguminosas resultaram no aporte de matéria orgânica vegetal oriunda da fitomassa produzida *in situ* e favoreceram o processo de ciclagem de nutrientes do solo, além da fixação do nitrogênio derivado da atmosfera a partir da fixação biológica nos cultivos com leguminosas. Contudo, os custos de implantação foram aumentados consideravelmente, tornando-os menos viáveis economicamente.

Considerando o custo consolidado de mão-de-obra e insumos, os manejos associados à introdução de espécies de cobertura do solo com nabo forrageiro e crotalária e dos controles químico e manual resultam em custos totais anuais de R\$ 1.583,21/ha na implantação do nabo, de R\$ 2.220,41/ha com a crotalária, de R\$ 2.259,85 com o controle manual e de R\$ 1.980,00/ha com o controle químico. Custos mais elevados foram performados com a introdução da mistura de leguminosas, sendo estes proporcionais aos custos de aquisição das sementes, alcançando o valor de 5.460,41/ha, seguido do uso de feijão-de-porco com R\$ 3.597,41/ha, do guandu-anão com R\$ 2.733,41/ha, conforme apresentado na **Figura 11**.



**Figura 10** - Custo total para implantação do modelo experimental por hectare, em R\$/ha.

## **6 CONCLUSÕES**

O cultivo das espécies leguminosas introduzidas como coberturas de solo feijão-de-porco e feijão guandu-anão reduzem a produtividade de fitomassa de parte aérea seca de *Brachiaria brizantha*, porém esse efeito decai após os 120 dias transcorridos da semeadura, quando comparado à área não capinada.

O monocultivo de feijão-de-porco apresenta resultados similares aos detectados com a mistura de espécies leguminosas na redução da produtividade de fitomassa seca de parte érea da braquiária.

O cultivo das espécies leguminosas em mistura resulta no maior custo de implantação entre os tratamentos avaliados e apresenta resultados similares no que diz respeito ao controle do desenvolvimento da braquiária, semelhante ao monocultivo de feijão-de-porco, portanto o monocultivo possui melhor relação benefício/custo.

Embora o tratamento com o controle químico apresente maior eficiência, menor custo e seja uma alternativa de fácil execução do controle da braquiária, é imprescindível considerar os efeitos positivos das espécies de cobertura do solo no enriquecimento e na melhoria das condições do solo, bem como suas vantagens ambientais. A escolha da estratégia de controle deve levar em conta não apenas a eficiência econômica e logística, mas também os benefícios ambientais e a viabilidade ecológica no longo prazo.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. Domínios morfoclimáticos e solos do Brasil. 2011. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F. e FONTES, M. P. F. Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e UFV, p.1-18, 1996.
- ACSELRAD, H. As práticas espaciais e o campo dos conflitos ambientais. In: Conflitos ambientais no Brasil. Rio de Janeiro: Relume Dumará: Fundação Heinrich Boll, p 13-35. 2005.
- AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Plano Municipal de Saneamento Básico de Rio Claro - RJ. VALLENCE. 265p. 2014.
- AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Relatório do Monitoramento Hidrológico. Projeto Produtores de Água e Floresta – Ampliação do projeto no município de Rio Claro – RJ. TECNOGEO. 44p. 2016.
- ALCÂNTARA, A. F.; RESENDE, A. V.; MELO, R. F. de; LIMA, J. A. de A.; AZEVEDO, M. A. G. de. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.
- ALMEIDA, D. L.; SILVA, A. F.; ALMEIDA, R. G. de; FERNANDES, C. J. S.; SANTOS, R. D. dos; SILVA, F. A. C. Crescimento da crotalária em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 10, p. 1026–1032, 2014.
- ALMEIDA, F. A. G.; FERNANDES, C. J. S.; OLIVEIRA, C. F. de; SILVA, A. F. da; SANTOS, R. D. dos; SOUZA, D. H. de. Supressão de plantas daninhas com o uso do nabo forrageiro como adubo verde em cultivo de milho. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 15, n. 28, p. 1-12, 2018.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de coberturas do solo, sob sistema de plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, p.241-248, 2002.
- AMADOR, D. B. Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. In: KAGEYAMA, P. Y. Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF. p.333-340, 2003.
- ANA – Agência Nacional das Águas (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2013. Brasília, 2013.
- ANDRADE, R. A.; SOUZA, F. R.; MASCARENHAS, A, R. P.; CARVALHO, C. A.; MATTIA, F. L.; OLIVEIRA, R, F. S. Taxas de cobertura e decomposição de adubos verdes na Amazônia Sul Ocidental. Rev Agro Amb, v. 15, n. 1, e8600, 2022.
- ANTONSEM, H.; OLSSON, P.A. Relative importance of burning, mowing and species translocation in the restoration of a former boreal hayfield: responses of plant diversity and the microbial community. Journal of Applied Ecology, Oxford, v. 42, n.2, p.337-347, 2005.
- APNRJ - Associação Patrimônio Natural do Rio de Janeiro. Plano de Manejo da RPPN São Benedito. Rio Claro – RJ. 2009. 148p. In VELOSO, H. P., RANGEL FILHO, A. L. R. & LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, DRNEA, 124 p., 1991.
- ARAUJO, M. M.; LONGHI, S. J.; BARROS, P. L. C.; BRENA, D.A. Caracterização da chuva, banco de sementes do solo e banco de plântulas em Floresta Estacional Decídua Ripária Cachoeira do Sul, RS, Brasil. Scientia Forestalis. 66:128-141. 2004.

ARAÚJO, L. M. N.; CUNHA, A. F.; ALVES, F. G.; LANA, J. M.; SILVA, E. M. S.; KURTZ, F. S.; MARQUES, M. A. V.; SANTOS, R. M. Avaliação do regime fluvial do Rio Piraí condicionado pela transposição de vazões. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009, Campo Grande – MS. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009. 14p.

ÁVILA, J. E. T.; ASSAD, M. L. L.; LIMA, A. S. Avaliação de biomassa vegetal em sistema de produção em transição agroecológica. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.7, n.3., p. 72-84, 2012.

BABBAR, L. I.; ZAK, D. R. Nitrogen cycling in coffee agroecosystems: net N mineralization and nitrification in presence and absence of shade trees. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Amsterdam, v. 48, p. 107-113, 1994.

BARBOSA, E.G. Eficiência do manejo no controle de duas espécies de gramíneas invasoras em Cerrados Paulistas. 2009. 98p. Dissertação (Mestrado na área de Ecologia de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres – Instituto de Biociências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BARBOZA, R.S. Avaliação da influência das bacias aéreas na formação de chuva oculta na Serra do Mar. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2007. 50f.

BECHARA, F. C.; CAMPOS FILHO, E. M.; BARRETTTO, K. D.; GABRIEL, V. A.; ANTUNES, A. Z.; REIS, A. Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras de biodiversidade. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 9-11, 2007.

BEENHOUWER, M.; AERTS, R.; HONNAY, O. A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n. 175, p.1-7. 2013.

BELTRAME, T.P.; RODRIGUES, E. Comparação de diferentes densidades de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração florestal de uma reserva legal no Pontal do Paranapanema, SP. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 317- 327, 2008.

BENTES, J. C. G. A Transformação dos Ambientes Natural e Rural com a Industrialização do Médio Paraíba Fluminense-RJ. In: V Encontro Nacional da ANPPAS 2010, Florianópolis – SC, 2010.

BRANCO, A. F. V. C.; LIMA, P. V. P. S.; MEDEIROS FILHO, E. S.; COSTA, B. M. G.; PEREIRA, T. P. Avaliação da perda da biodiversidade na Mata Atlântica. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 1885-1909, 2021.

BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. Biologia de plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Org.). *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 1-36.

CABRAL, E. M. G. 2006. Rio Piraí: Mudanças Ambientais e Transformações Socio-Culturais - Curso, Percurso e Transcurso de um Corpo d'Água. 117f. Dissertação (Mestrado) - Serviço Social PUC-Rio, Rio de Janeiro, RJ. 2006.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e extensão rural: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável. Porto Alegre: ASCAR-EMATER/RS. 2004.

CARDOSO, I. M.; OLIVEIRA, A. P. de; OLIVEIRA, F. L. de; NOGUEIRA, C. E. W.; ARAÚJO, R. S. S.; BIONDI, C. M.; CAMARGO, F. A. O. Influência do nabo-forrageiro em

indicadores biológicos e físico-químicos de um Latossolo Vermelho sob cultivo de batata. Revista de Ciências Agrárias, v. 40, n. 3, p. 468-476, 2017.

CARVALHO, L. F.; OLIVEIRA, J. C. C.; BIANCARDI, C. S.; RIBEIRO, R. P.; TAVARES, F. C. Adubação verde com leguminosas em sistemas agroflorestais: uma revisão. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 16, n. 2, p. 1-11, 2021.

CARVALHO, W. P.; CARVALHO, G. J.; ABBADE NETO, D. O.; TEIXEIRA, L. G. V. Desempenho agronômico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 48, n. 2, p. 157-166, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000200005>.

CASTRO, D. C. V. Semeadura direta de espécies arbustivas e de adubação verde como estratégia de sombreamento para restauração de áreas degradadas. 2013. 95 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

CBH GUANDU - Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim. Boletim Informativo - Nas Águas do Guandu. Ano 6, edição 7. Maio, 2015.

CBH GUANDU - Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim. Boletim Informativo – Relatório de Monitoramento Hidrológico. Acompanhamento das ações relacionadas ao Projeto Produtor Água e Floresta no município de Rio Claro – RJ. 19003-R-CAR-P5.2-00-00. Agosto, 2021.

CHAER, G. M. Desenvolvimento de sistemas florestais e agroflorestais como alternativa econômica e para restauração ambiental da Região Sul-Fluminense. Projeto Técnico. AGEVAP. Seropédica – RJ. 2019.

CHISTOFFOLETI, P. J.; CAETANO, R. S. X. Soil seed banks. Scientia Agricola. 55: 74-78. 1998.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; CAETANO, L.H. Levantamento das principais plantas daninhas em áreas de reforma agrária do Estado de São Paulo. Planta Daninha, v. 16, n. 1/3, p. 71-79, 1998.

COELHO, F.M., ANTUNES, J.C.O. Balanço hídrico da bacia hidrográfica do Rio Guandu com as novas demandas por água e com a expansão prevista In: TUBBS FILHO, D., ANTUNES, J.C.O., VETTORAZZI, J.S. (Org.). Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim: Experiências para a Gestão dos Recursos Hídricos. Rio de Janeiro: INEA, pp. 100-115, 2012.

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

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de Serapilheira e Ciclagem de Nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, p.137-154. 2004.

CORNISH P.S.; BURGIN S. Residual effects of glifosato herbicide in ecological restoration, Restorantion Ecology, Malden, v. 13, n.4, p. 695-702, Dec. 2005.

COSTA, J. R.; FONTES, J. R. A.; MORAIS, R. R.. Bancos de sementes do solo em áreas naturais e cultivos agrícolas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. ISSN 1517-3135; 113. 2013.

COSTA, E. M.; LELES, P. S. S.; LIMA, J. S. S.; CRUZ, E. D.; OLIVEIRA, M. P.; BRITO, A. L. A.; LOPES, F. C. Levantamento florístico em sistemas agroflorestais no município de

Viçosa-MG. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 12, n. 1, p. 76-81, 2017.

CUNHA, F. F.; RAMOS, M. M.; ALENCAR, C. A B.; OLIVEIRA, R. A.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; CECON, P. R.; ARAÚJO, R. A. S. Yield of Brachiaria brizantha cv. Xaraes in different management and levels of fertilization, rest periods and seasons. IDESIA (Chile) Volumen 30, Nº 1, Enero-Abril, 2012.

DUARTE, J. M.; ANDRADE, A. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, J. P.; CARDOSO, J. E.; GUIMARÃES, M. A. Producción de maíz (*Zea mays* L.), soya (*Glycine max* L.) y caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sembrados en asociación con gramíneas en el trópico húmedo. *Past. Trop.*, v. 17, n. 2, p. 12-19, 1995.

DRUMMOND, J. A. Devastação e preservação ambiental no Rio de Janeiro. Niterói: EDUFF; 1997.

ERASMO, E. A. L. Feijão-de-porco como adubação verde para restauração florestal na Mata Atlântica. *Revista Árvore*, v. 28, n. 6, p. 819-825, 2004.

FERNANDES, M.F.; BARRETO, A.C.; FILHO J.E. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.9, p. 1593-1600, 1999.

FERREIRA, G. B.; LEITE, R. S. Potencial alelopático e de fixação biológica de nitrogênio em plantas de vernonantura *polyanthes* (Sprengel) Vega & Dematteis. *Biodiversidade Brasileira*, v. 6, n. 1, p. 115-122, 2016.

FERREIRA, I. J. M.; TONINI, H.; HERNANDES, J. A.; FABIANO, F. L.; NASCIMENTO, A. R. T.; CÓSER, A. C.; MELLO, J. M. F. Landscape pattern changes over 25 years across a hotspot zone in southern Brazil, Southern Forests, v. 81, n. 2, p. 175-184, 2019.

FERREIRA, R. S.; SANTOS, J. C.; MARTINS, C. E.; MENEZES, A. J. E. A.; CÓSER, A. C.; ARAÚJO, R. A. S.; CECON, P. R.; OLIVEIRA, R. A. Produtividade do milho e feijão-caupi em SAF com adubação verde em diferentes épocas de manejo. *Caderno de Agroecologia*, v. 16, n. 3, p. 1-12, 2021.

FILHO, O. F. L.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; NONIZETI, J. A. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília - DF. Embrapa, 2014. v. 2 (478 p.). 2014.

FILHO, A. C.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.42, n.1, p.17-24, jan. 2007.

FINOTTI, G.R.N. Comparação das propriedades químicas e físicas dos solos em área degradada e de reflorestamento na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras – Rio Claro, RJ – Rio de Janeiro. Monografia em Geografia. UFRJ, 2017.

FONTANELLI, A.; CARVALHO G. J. de; MORAES, A.R.; ALMEIDA, K. de.; DUARTE W.F. Adubação verde no controle de plantas invasoras nas culturas de alface-americana e de repolho. *Ciência e Agrotecnologias*, Lavras, v. 28, n. 5, p.234-237, Oct. 2004.

FRAGOSO, R. D. O.; TEMPONI, L. G.; PEREIRA, D. C.; GUIMARÃES, A. T. B.; Recuperação de área degradada no domínio Floresta Estacional Semideciduado sob diferentes tratamentos. *Ciência Florestal*, v. 26, n. 3, p. 699, 30 set. 2016.

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

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

GALLANDT, E.R. How can we target the weed seedbank? Weed Science, Champaing, v.54, n.3, p. 588-596, May 2006.

GOMES, E. A.; MIRANDA, R. D.; SANTOS, M. V. F.; MARCHÃO, R. L.; LIMA, M. A.; SOUSA, J. C. Productivity and Quality of Elephant Grass under Green Manure with Forage Radish. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 42, p. 1-10, 2018.

GOMES, M. L. Ouro, posseiros e fazendas de café. A ocupação e a degradação ambiental da região das Minas do Canta Gallo na província do Rio de Janeiro [tese]. Seropédica: Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004.

GONÇALVES, A. E.; GONÇALVES, S. J. Espécies arbóreas e arbustivas com potencialidades para recuperação de áreas degradadas. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). Árvores e Florestas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 2004. p. 565-601.

GORRETA, R.H. Plantio do feijão guandu (*Cajanus cajan*) intercalar aos cafeeiros para proteção na fase de formação da lavoura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24. 1998. Poços de Caldas. Resumos. Rio de Janeiro: MAA, 1998. p.145-146.

HANSEN, M.J.; WILSON, S. D. Is management of an invasive grass *Agropyron cristatum* contingent on environmental variation Journal of Applied Ecology, Oxford, v.43, p. 269–280, Abril 2006.

HAYNES, J.L.; SAYRE, J.D. Response of corn to withinrow competition. Agronomy Journal, v.48, p.362-364, 1956.

IBG - Instituto Baía de Guanabara. Abastecimento de Água, 2015. Disponível em <[http://baiadeguanabara.org.br/site/?page\\_id=4783](http://baiadeguanabara.org.br/site/?page_id=4783)>. Acesso: abril 2022.

INEA – Instituto Estadual do Meio Ambiente. In: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro. Diagnóstico - Caracterização Ambiental. Fundação COPPETEC. 2014, 105p. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zeww/mdyy/~edisp/inea0062133.pdf>>. Acesso: abril de 2022.

INEA – Instituto Estadual do Meio Ambiente. In: Região Hidrográfica Médio Paraíba do Sul. Situação da Região Hidrográfica. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/GESTAODEAGUAS/InstrumentosdeGestodeRecHid/PlanodeRecursosHidricos/MedioParaibadoSulAgendaAzul/index.htm#ad-image-0>>. Acesso: abril de 2022.

INSTITUTO TERRA; IEF (Brasil); Prefeitura Municipal de Rio Claro. Estudos técnicos para criação de UCs. Rio de Janeiro - Rio Claro: PMRC, 2011. Disponível em: <[https://issuu.com/itpa/docs/estudo\\_para\\_cria\\_o\\_do\\_pe\\_cunhambebe\\_e\\_apa\\_alto\\_pi?viewo de=presentation&layout=http%3A%2F%2Fskin.issuu.com%2Fv%2Flight%2Flayout.xml&howFlipBtn=true](https://issuu.com/itpa/docs/estudo_para_cria_o_do_pe_cunhambebe_e_apa_alto_pi?viewo de=presentation&layout=http%3A%2F%2Fskin.issuu.com%2Fv%2Flight%2Flayout.xml&howFlipBtn=true)>. Acesso em: abril de 2022.

ITPA - Instituto Terra de Preservação Ambiental. Produtores de Água e floresta. Disponível em: <[http://www.itpa.org.br/?page\\_id=497](http://www.itpa.org.br/?page_id=497)>. Acesso em: abril de 2022.

ISERNHAGEN, I. Uso de semeadura direta de espécies arbóreas nativas para restauração florestal de áreas agrícolas. 2010. 106 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

- ISERNHAGEN, I.; BRANCALION, P. H.; RODRIGUES, R. R. Adubação verde na restauração florestal. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília, DF: Embrapa. v. 2 p. 269-287. 2014.
- JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; FARIA, R. T.; FERREIRA, M. E.; BALDONI, A. B.; VELLOSO, J. A. R. Controle de plantas daninhas, crescimento e produção de milho e Brachiaria brizantha cultivados em consórcio. B. Inf. SBCPD, v. 10, p. 231-232, 2004.
- JANK, L.; VALLE, C.B.; KARIA, C.T.; PEREIRA, A.V.; BATISTA, L.A.R. & RESENDE, R.M.S. 2005. Opções de novas cultivares de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais para Minas Gerais. Informe Agropecuário, 28 (226): 26-35.
- JÚNIOR, L. B.; FERREIRA, M. E. C.; LOPES, G. A.; ANDRADE, R. P.; NASCIMENTO, J. H. C.; MEDEIROS, L. S. Potencial agronômico de genótipos de guandu-anão em diferentes épocas de semeadura. Revista Caatinga, Mossoró, v. 33, n. 3, p. 719-727, jul./set. 2020.
- KASSINEN, A.; LAAKSO, P.; MÄKELÄ, P.; SÄRKÄÄ, L. *Crotalaria breviflora* seeds: germination, seedling growth and field emergence. African Journal of Agricultural Research, v. 12, n. 13, p. 1121-1125, Mar. 2017.
- KAYE, J. P.; ALBRECHT, S. L.; CHANG, C. Weed ecology and agroforestry. Agroforestry Systems, v. 75, n. 1, p. 27-37, 2009.
- KEMERICH, P. D. C., RITTER, L. G.; BORBA, W. F. Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. REMOA. 13(5), 723-3736. 2014.
- LEÔNIDAS, F. C.; SANTOS, J. C. F.; COSTA, R. S. C. Consociação de leguminosas em cafezal adulto em Rondônia, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 26, 2000. Marília. Resumos. Rio de Janeiro: MAA: PROCAFÉ, 2000. p.319-321.
- LIMA, A. G.; BRASIL JUNIOR, A. M.; TURCO, S. H. Nabo forrageiro no sistema plantio direto como estratégia para o controle de plantas daninhas. Revista de Ciências Agrárias, Belém, v. 62, n. 3, p. 209-216, 2019.
- LIAN, J.Y.; YE, W.H.; CAO, H.L.; LAI, Z.M.; LIU, S.P. Effects of periodic cutting on the structure of the *Mikania micrantha* community. Botanical Studies, Taipei, v. 47 n.2, p. 185-190, 2006.
- LINHARES, S. Histórico do Estado do Rio de Janeiro. INEPAC – Instituto Nacional do Patrimônio Cultural. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: < [http://www.inepac.rj.gov.br/application/assets/img/site/Historico\\_Estado.pdf](http://www.inepac.rj.gov.br/application/assets/img/site/Historico_Estado.pdf)>. Acesso: abril de 2022.
- LOPES, O. M. N. L. Feijão-de-porco: leguminosa para adubação verde e cobertura de solo. Acre: Embrapa Amazônia Oriental, 1998. 4 p.
- LORENZI, H. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 4. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008. 640 p.
- MAIA, S. M. F.; MARTINS FILHO, M. V.; FELIPE, V. S.; LEITE, F. P.; OLIVEIRA, L. B.; OLIVEIRA, T. K. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 837-848, 2006.
- MARAFON, J.G.; RODRIGUES, V.T.C.; GALVÃO, E. Geografia do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Gramna, 2011.

MARIANO, J. A. S.; MELO, A. A.; SILVA, C. A.; CARVALHO, A. M.; PEREIRA, W. E.; SILVA, R. A. R. Productivity of agroforestry systems with and without *Cajanus cajan* in the Amazon region. *Revista Ciência Agronômica*, v. 51, n. 1, p. 1-8, 2020.

MARTINS, A. F. Controle de *Urochloa decumbens Stapf* em área de restauração ecológica com plantio total, Floresta Estacional Semidecidual, Itu-SP. 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011.

MARTINS, R. G.; CARDOSO, I. M.; TEIXEIRA, W. G.; SOUZA, F. S.; CARVALHO, A. M. Guandu anão em sistema agroflorestal com cacaueiro. *Enciclopédia Biosfera*, v. 14, n. 25, p. 2295-2302, 2018.

MELO, A. S.; SANTOS, G. R. M.; SILVA, T. R. S.; SANTOS, D. C.; SANTOS, L. G. R.; OLIVEIRA, E. C.; ALMEIDA, C. A. B. Produtividade de milho e feijão-caipi em sistemas agroflorestais com leguminosas. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 13, n. 3, p. 301-311, 2019.

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

MISSIO, L. E.; DEBIASI, H.; MARTINS, J. D. Comportamento de leguminosas para cobertura do solo, adubação verde e controle de plantas daninhas. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v. 10, n. 1-2, p. 129-136, 2004. DOI: <http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revisatapag/article/view/307>. Acesso em: outubro de 2022.

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

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Plano de Manejo da Estação Ecológica de Tamoios - Fase 1. Encarte 5 – Diagnóstico da UC. Caracterização dos Fatores Abióticos da Unidade de Conservação. p. 22-34. 2006.

MOREIRA, P. R. Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG. 2004. 139 p. Tese (Doutor em Ciências Biológicas) – Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2004.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-845, 2000.

NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. Descrição das ações operacionais de restauração. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: Instituto Bio Atlântica, 2009. v. 1.

ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434p

OLIVEIRA, F. J. G. Eletrificação e formação do patrimônio territorial da Light na cidade do Rio de Janeiro e no Médio Vale do Paraíba. *Revista Espaço e Economia*. Rio de Janeiro, n.3, 2003. Disponível em: <<http://espacoeconomia.revues.org/497>>. Acesso: abril de 2022.

PACHECO, E. P.; BARROS, I. Uso de imagens aéreas para avaliação da cobertura do solo em sistemas de produção de grãos no estado do Sergipe. Simpósio Nacional de Instrumentação Agropecuária, 2014. 4 p. 2013.

PAIVA, R. F. P. S.; COELHO, R. C. O Programa Produtor de Água e Floresta de Rio Claro/RJ enquanto ferramenta de gestão ambiental: o perfil e a percepção ambiental dos produtores inscritos. Sistema Eletrônico de Revistas – SER. UFPR, 2015. Desenvolv. Meio Ambiente, v. 33, p. 51-62, abr. 2015.

PENTEADO, S. R. Adubação Verde e Produção de Biomassa – Melhoria e Recuperação dos Solos. Campinas, SP. 2<sup>a</sup> edição. 2010. 168p.

PEREIRA, M. J. F. C. História ambiental do café no Rio de Janeiro - Século XIX - Uma análise de desenvolvimento sustentável. In: XXIII Simpósio Nacional de História 2005, Londrina: Guerra e Paz, 2005.

PEREZ, H. E.; PEZO, D. A.; ARZE, J. Growth of Brachiaria brizantha and Brachiaria dictyoneura associated with soybean (*Glycine max L.*). *Pasturas Trop.*, v. 15, n. 1, p. 2-9, 1993.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

PIVELLO, V. R. Invasões biológicas no cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. *Ecologia Info*, Sweden, n. 33, 2011.

PORTES, T. A.; SANTOS, M. V. F.; CARVALHO, M. M. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, jul. 2000.

POTT, A.; POTT, V.J. Plantas do Pantanal. Brasília: EMBRAPA, 1994.

VASCONCELOS, L. G. T. R., KATO, O. R., VASCONCELOS, S. S., & OLIVEIRA, F. A. (2016). Acúmulo de Biomassa e nutrientes de duas leguminosas arbóreas introduzidas em sistema de pousio na Amazônia. *Ciência Florestal*, 26(3), 735–746.

REEDER, T.G.; HACKER, S.D. Factors contributing to the removal of a marine grass invader (*Spartina anglica*) and subsequent potential for habitat restoration. *Estuaries, Columbia*, v.27, p. 244-252, 2004.

REIS, R. J. A.; FARIA, C. M. B.; BRITO, I. J. O.; AMARAL, T. A. Efeitos de plantas de cobertura nas associações do milho (*Zea mays L.*) com fungos benéficos do solo. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 2, p. 75-80, 2012.

RIBEIRO, G. A.; BARROS, L. R.; MENEZES, C. E. G.; PEREIRA, M. G.; AMARAL, A. J.; COUTO, L.; AMARAL, T. A. *Crotalaria breviflora DC.* in agroforestry systems: soil loss by water erosion and soil structure. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 41, 2017.

RIBEIRO, J. M.; FRAZAO, L. A.; CARDOSO, P. H. S.; OLIVEIRA, A. L. G.; SAMPAIO, R. A.; FERNANDES, L. A. Fertilidade do solo e estoques de carbono e nitrogênio sob sistemas agroflorestais no Cerrado Mineiro. *Ciência Florestal*, 29(2), 913–923.2019.

RODRIGUES, J. E. L. F.; CARVALHO, J. E. U.; SILVA, E. L. A importância do feijão de porco (*Canavalia Ensiformis DC.*) como cultura intercalar em rotação com milho e feijão caoui em cultivo de coqueirais no Município de Ponta de Pedras/Marajó - PA. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 4 p. 2004.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F.; AZEVEDO, I. N.; NAVÉ, A. G.; COTTERIE, K.; JOLY, C. A. Manual técnico da vegetação brasileira. Brasília: IBAMA, 2017.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S; ISERNHAGEN, I. Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto Bio Atlântica. 256 p. 2009.

RODRIGUES, A. C. G. Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006.

RODRIGUES, E. R. Controle biológico de *Brachiaria decumbens* Stapf em área de reserva legal em processo de recuperação, na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. 2010. 77 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2010.

SANTOS, V. F.; BORGES, R. S. V.; SILVA, E. F.; MACHADO, T. B.; BRITO, A. S.; REIS, F. F.; SILVA, R. B. Nabo forrageiro como adubação verde para o controle de gramíneas invasoras em área degradada de cerrado. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v. 11, n. 2, p. 1-7, 2021.

SANTOS, F. A. M.; LELES P. S. S.; RESENDE, A. S; NASCIMENTO, D. F.; SANTOS, G. R. Estratégias de controle de braquiárias *Urochloa* spp. na formação de povoamento para restauração florestal. Ci. Fl., Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 29-42, jan./mar. 2020.

SARTORELLI, P. A. R.; BENEDITO, A. L. D.; CAMPOS FILHO, E. M.; SAMPAIO, A. B.; GOUVÉA, A. P. M. Guia de plantas não desejáveis na restauração florestal. São Paulo, Agroicone, 2018.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. Biodiversity and Conservation, London, v. 24, p. 2319-2331, 2015.

SAFAR, N. V. H.; MAGNAGO, L. F. S.; SCHAEFER, C. E. G. R. Resilience of lowland Atlantic forests in a highly fragmented landscape: insights on the temporal scale of landscape restoration. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 470, 1181-83, 2020.

SCHEMBERGUE, A., CUNHA, D. A. D., CARLOS, S. D. M., PIRES, M. V., & FARIA, R. M. Sistemas Agroflorestais como estratégia de adaptação aos desafios das mudanças climáticas no Brasil. Revista de Economia e Sociologia Rural, 55(1), 9-30. 2017.

SCHOENEBERGER, M. M. Woody Plant Selection for Riparian Agroforestry. Northeastern and Intermountain Forest and Conservation Nursery Association Meeting. Anais. St. Louis, Missouri, USA: 1993.

SERRANO, L. A. L.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; SEDIYAMA, C. S.; PAULINO, H. B.; ROsolem, C. A. Crescimento inicial do milho em sistema de plantio direto após cultivo de adubos verdes de inverno. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 15, n. 2, p. 233-246, 2016.

SILVA, E. C.; LIMA FILHO, O. F.; SANTOS, H. G.; SILVA, E. M. Adubação verde como fonte de nutrientes às culturas. In: LIMA FILHO, O. F.; SANTOS, H. G.; SILVA, E. M. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília: Embrapa, p. 267-305. 2014.

SILVA, M. S.; ALMEIDA, D. L.; SOUZA, R. S.; CARMO, R. L.; ALMEIDA, B. A.; PAIVA, H. N.; ALBUQUERQUE, E. M.; BORGES, I. S.; LIMA, R. S. Potencial de leguminosas arbóreas e herbáceas utilizadas como adubação verde em sistemas agroflorestais. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 15, n. 3, p. 1-10, 2020.

SILVA, P. F.; SANTOS, G. R.; PEREIRA, L. A.; ALMEIDA, J. S.; MARTINS, R. G.; OLIVEIRA, M. A. Nabo forrageiro como cultura de cobertura em sistema agroflorestal. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 14, n. 1, p. 123-134, 2019.

SILVA, R. F.; RESENDE, A. V.; FERREIRA, E. P. de B.; CARVALHO, A. M. de; SOUZA, R. L. de; LIMA, J. G. de; SILVA, R. R. da. Utilização de *Crotalaria breviflora* DC. em sistemas

- agroflorestais: efeitos na fertilidade do solo e fixação biológica de nitrogênio. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v. 6, n. 1, p. 25-30, 2016.
- SILVA, A. A.; SILVA, P. R. F.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. Ciência Rural, v.37, p.928-935, 2007.
- SOBRAL, B.S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; GOIS, G.; TERASSI, P.M.B.; MUNIZ JUNIOR, J.G.R. Variabilidade espaço-temporal e anual da chuva no estado do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, v.22, n.1, p.281- 308, 2018.
- SOUZA, B. A.; MELO, A. S.; SOUZA, I. M.; MOURA, C. M. de; SILVA, R. F.; SANTOS, F. C. B. dos. Adubação verde no semiárido brasileiro: contribuição do guandu-anão na produção de milho e sorgo. Revista Agro@mbiente On-line, v. 13, n. 1, p. 8-14, 2019.
- SOUZA, G. F.; FERREIRA, R. A.; NASCIMENTO, C. E. P. de L.; RAMOS, M. R. B.; GAMA, J. R. V. Plantas invasoras em sistemas agroflorestais com cupuaçuzeiro no município de Presidente Figueiredo (Amazonas, Brasil). Acta Amazônica, v. 33, n.3, p. 353-370, 2003.
- SOUZA, L. S.; CARVALHO, A. M.; SILVA, M. A.; RUIZ, H. A.; FIDALSKI, J.; MARCHÃO, R. L. Adubação verde na física do solo. In: LIMA FILHO OF et al. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. 1.ed. Brasília: Embrapa. p.337-369. 2014.
- SOUZA, R. F., CUNHA, M. A., MARIANO, E. Guandu-anão como adubo verde na produção de milho e sorgo em sistema agroflorestal no semiárido. Revista de Agricultura Neotropical, 6(3), 7-12. 2019.
- STEIN, S. Vassouras: um município brasileiro do café, 1850- 1900. Rio de Janeiro: Nova Fronteira; 1990. 314 p.
- TEIXEIRA, V. L. Novos contornos ocupacionais no meio rural fluminense: estudo sobre a pluriatividade entre agricultores familiares. 2009. Tese (Doutorado em Ciências Econômicas) - UNICAMP 2009.
- THEISEN, G. Aspectos botânicos e relato a resistência de nabo silvestre os herbicidas inibidores de ALS. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 26 p. - (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 239). Embrapa Clima Temperado, 2008.
- TNC – The Nature Conservancy. Estudo de Viabilidade de implantação do Programa PRO-PSA na região hidrográfica do Guandu. O projeto Produtor de Águas e Florestas. Rio de Janeiro, 2013. p. 07-09, 2013.
- TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto Vale do Jequitinhonha. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, n.2, p.635-643, 2011.
- TOMAS, J. C. Sistemas culturais milho-feijão: comportamento de três sistemas de cultivos associados em diferentes densidades de plantas de milho. Viçosa: UFV, Imprensa Universtária, 55p. 1999.
- TUFFI, S. L. D.; FERREIRA, F. A.; BARROS, N. F.; SIQUEIRA, C. H.; SANTOS, I. C.; MACHADO, A. F. L. Exsudação radicular do glifosato por Brachiaria decumbens e seus efeitos em plantas de eucalipto e na respiração microbiana do solo. Planta Daninha, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p. 143-152, 2005.

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

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

ZARINA, L., BEGUM, S. N., HAQUE, M. M., & HASANUZZAMAN, M. (2020). Characterization of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) genotypes for morphological and yield-related traits under rainfed conditions. *Journal of Plant Science*, 8(3), 113-119.