



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

PEDRO LUCAS SILVA SANTANA

**RESPOSTA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA MATA ATLÂNTICA
A ADUBAÇÃO DE PLANTIO**

Prof. Dr. PAULO SÉRGIO DOS SANTOS LELES
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
DEZEMBRO - 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

PEDRO LUCAS SILVA SANTANA

**RESPOSTA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA MATA ATLÂNTICA
A ADUBAÇÃO DE PLANTIO**

Monografia apresentada ao Curso
de Engenharia Florestal, como requisito
parcial para a obtenção do Título de
Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas
da Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro.

Prof. Dr. PAULO SÉRGIO DOS SANTOS LELES
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
DEZEMBRO – 2024

**RESPOSTA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA MATA ATLÂNTICA
A ADUBAÇÃO DE PLANTIO**

PEDRO LUCAS SILVA SANTANA

APROVADA EM 25/11/2024

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Leles – UFRRJ
Orientador

Dr. Jorge Makhlouta Alonso – Pós doutorando
Membro

Prof. Dr. Eduardo Vinícius da Silva – UFRRJ
Membro

Dedico este trabalho à minha mãe Sandra Marina Martins e Silva, pelo incondicional amor e apoio em todos os momentos da minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre iluminar meus caminhos, abençoar e pelo amor infinito.

À minha mãe, Sandra Marina, por ser alicerce em todos os momentos da minha vida, por me amar incondicionalmente. Eu te amo!

À minha mãe de criação, Maria Tereza, por ter dedicado boa parte do seu tempo para cuidar de mim e me educar. O seu carinho pelas plantas foi o que me motivou a cursar Engenharia Florestal.

À minha família por todo amor e acalento de sempre, mesmo à distância.

À minha namorada Roberta Samara, por ter me mostrado o que é amar, o que é ter alguém que está disposto a segurar sua mão, até mesmo nos momentos mais difíceis.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Instituto de Florestas por subsidiar um rede de ensino que forma caráter e grandes profissionais.

À Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA), por todo apoio e ter sido essencial para o desenvolvimento deste estudo e de tantos outros que contribuem para o avanço da ciência. A ciência voltada às questões ambientais contribui para eternizar estes recursos, que em tempos atuais, estão em risco de se extinguir.

Ao meu orientador Prof. Paulo Leles, por todos os ensinamentos que enriqueceram meu aprendizado no acadêmico e que irei levar para minha vida profissional.

À equipe do Laboratório de Pesquisas e Estudos em Reflorestamento (LAPER) a qual faço parte, por toda dedicação e apoio na condução do meu experimento. Sem vocês eu não teria conseguido.

Ao Professor Eduardo Vinícius da Silva e ao Engenheiro Florestal e pesquisador Jorge Makhlouta Alonso por aceitarem o convite para comporem a minha banca. Obrigado pelos ensinamentos agregados!

Ao meu amigo e irmão que a vida me presenteou, Darlan Bem-Hur, por ser sempre alguém que me faz mais alegre mesmo com a distância, com seu bom humor e amizade verdadeira.

Aos meus amigos da Universidade e da república, que foram peças essenciais na minha caminhada acadêmica.

Ao Sebastião (Tião), responsável técnico do viveiro florestal da UFRRJ, por todos os ensinamentos sobre o cuidado com as mudas e ao reconhecimento de diversas espécies de plantas. Seus ensinamentos vieram desde o meu período de trabalho no viveiro e trago para o resto da minha vida.

Ao meu grande amigo Lucas Felipe, que não medi esforços por me apoiar e pela amizade.

Ao Doutorando Mateus dos Reis, que foi incansável nos ensinamentos e uma das peças principais para que eu conseguisse avançar em meu trabalho. Sou grato de coração por isso e pela sua amizade!

À todos os professores do Instituto de Florestas que sempre que podiam, estavam dispostos a me auxiliar, me direcionar, tirar dúvidas. Muito obrigado!

Aos que de maneira direta, ou indiretamente, me ajudaram a alcançar meus objetivos e a realização desse sonho.

Gratidão!

RESUMO

Entre as práticas silviculturais para restauração florestal, a adubação de plantio, com fertilizantes minerais, organominerais e aplicação de calcário são ações que podem auxiliar nos processos de recuperação de áreas degradadas e ou perturbadas. Devido a diversidade de espécies arbóreas plantadas e o não melhoramento das espécies nativas, sempre surge dúvidas se há respostas positivas a adubação de plantio. Objetivou-se avaliar a resposta de adubação de plantio de onze espécies arbóreas de ocorrência do bioma Mata Atlântica em área destinada à restauração, que era dominada por pastagem. O estudo foi desenvolvido com plantio em campo, com dois experimentos implantados em áreas anteriormente ocupadas por pastagem de *Urochloa humidicola* cv. Llanero, município de Cachoeiras de Macacu, RJ. O solo é argilo-arenoso e classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico endoálico, considerado pobre em nutrientes. A topografia é declinosa. O experimento 1 foi formado por quatro tratamentos: T1 – Testemunha; T2 - 90 g de calcário dolomítico (CaO 39%; MgO 11%; PRNT 91,26%) / cova; T3 - 150 g de N-P-K (06-30-06) / cova; T4 – 90 + 150 g/cova de calcário e N-P-K respectivamente. Experimento 2: T1 – Testemunha; T2 – 150 g de calcário / cova; T3 – 150 g de N-P-K (06-30-06) / cova; T4 – 200 g/cova de fertilizante organomineral N-P-K (03-10-5), CTC de 80 mmol_c/kg, Aos 8 meses após plantio, foram coletadas as variáveis altura, diâmetro a 5 cm do nível do solo e área de copa de todas as plantas. Os dados foram submetidos a análise de variância, comparando cada tratamento de adubação com a testemunha. Não constatou diferenças significativas ($p>0,10$) no crescimento das espécies estudadas, para as variáveis mensuradas, quando comparadas ao tratamento que não recebeu adubação. Conclui-se que, para sítios semelhantes a este, não recomenda a adubação de plantio.

Palavras-chave: Restauração florestal; práticas silviculturais; nutrição florestal; reflorestamento e fertilizante N-P-K.

ABSTRACT

Among the silvicultural practices for forest restoration, planting fertilization with mineral fertilizers, organomineral fertilizers, and limestone application are actions that can assist in the recovery processes of degraded or disturbed areas. Due to the diversity of tree species planted and the lack of improvement in native species, doubts often arise regarding positive responses to planting fertilization. This study aimed to evaluate the response to planting fertilization of eleven tree species native to the Atlantic Forest biome in an area designated for restoration, which was previously dominated by pasture. The study was conducted with field planting, involving two experiments established in areas formerly occupied by *Uroclhoa humidicola* cv. Llanero pasture, in the municipality of Cachoeiras de Macacu, RJ, Brazil. The soil is sandy-clay and classified as dystrophic Red-Yellow Latosol with an endoaquic feature, considered nutrient-poor. The topography is sloping. Experiment 1 consisted of four treatments: T1 – Control; T2 – 90 g of dolomitic limestone (CaO 39%; MgO 11%; PRNT 91.26%) per planting hole; T3 – 150 g of N-P-K (06-30-06) per planting hole; T4 – 90 g + 150 g per planting hole of limestone and N-P-K, respectively. Experiment 2 included the following treatments: T1 – Control; T2 – 150 g of limestone per planting hole; T3 – 150 g of N-P-K (06-30-06) per planting hole; T4 – 200 g per planting hole of organomineral fertilizer N-P-K (03-10-05), with a cation exchange capacity (CEC) of 80 mmolc/kg. Eight months after planting, the variables measured included plant height, diameter at 5 cm above ground level, and canopy area. The data were subjected to variance analysis, comparing each fertilization treatment with the control. No significant differences ($p>0,10$) were found in the growth of the studied species for the measured variables when compared to the treatment without fertilization. It was concluded that, for sites similar to this one, planting fertilization is not recommended.

Keywords: Forest restoration; Silvicultural practices; forest nutrition; reforestation; fertilizer N-P-K.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1	Adubação de espécies arbóreas nativas	2
2.2	Espécies arbóreas de ocorrência na Mata Atlântica	4
3	MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1	Caracterização da área experimental	7
3.2	Experimento 1	7
3.3	Experimento 2	9
4	RESULTADOS	11
4.1	Experimento 1	11
4.2	Experimento 2	12
5	DISCUSSÃO	14
6	CONCLUSÃO	16
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise química do solo das amostras coletadas em duas camadas, Cachoeiras de Macacu - RJ	8
Tabela 2: Análise química do solo da área de implantação do experimento a 25 cm de profundidade	10
Tabela 3: Análise química do solo, camada de 0 a 25 cm de profundidade nas covas das plantas, aos seis meses após o plantio, em Cachoeiras de Macacu – RJ	14

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Soma de precipitação dos meses de novembro 2023 a agosto de 2024 e soma das médias de precipitação dos últimos 5 anos e temperatura média no período do experimento, Município de Cachoeiras de Macacu – RJ	7
Figura 2: Perfil do solo até 40 cm de profundidade, da área experimental, em Cachoeiras de Macacu – RJ	8
Figura 3: Média das alturas de sete espécies arbóreas e média geral em resposta a tratamentos de adubação em relação a testemunha, aos oito meses após aplicação e plantio das mudas; Desvio padrão representado por barras pretas; Cachoeiras de Macacu – RJ	11
Figura 4: Média de diâmetro ao nível do solo de sete espécies arbóreas e média geral em resposta a tratamentos de adubação em relação a testemunha, aos oito meses após aplicação e plantio das mudas; Desvio padrão representado por barras pretas; Cachoeiras de Macacu – RJ	12
Figura 5: Média de área de copa de sete espécies arbóreas e média geral em resposta a tratamentos de adubação em relação a testemunha, aos oito meses após aplicação e plantio das mudas; Desvio padrão representado por barras pretas; Cachoeiras de Macacu – RJ.....	12
Figura 6: Média das alturas de cinco espécies arbóreas e média geral em resposta a tratamentos de adubação em relação a testemunha, aos seis meses após aplicação e plantio das mudas; Desvio padrão representado por barras pretas; Cachoeiras de Macacu – RJ.....	13
Figura 7: Média de diâmetro ao nível do solo de cinco espécies arbóreas e média geral em resposta a tratamentos de adubação em relação a testemunha, aos seis meses após aplicação e plantio das mudas; Desvio padrão representado por barras pretas; Cachoeiras de Macacu – RJ.....	13

1 INTRODUÇÃO

Há necessidade crescente de aumentar a cobertura florestal no Brasil, em função dos compromissos assumidos pelo país, da adequação ambiental das propriedades rurais e das medidas compensatórias exigidas por empreendimentos florestais. Frequentemente, os reflorestamentos são realizados em áreas de morros, menos adequadas para a agricultura e a criação de animais. Essas áreas, em geral, possuem solos relativamente pobres em nutrientes e com altos teores de alumínio, o que exige atenção às necessidades nutricionais das espécies cultivadas.

Entre as estratégias de adubação na silvicultura, a adubação de plantio ou de arranque, que tem como objetivo favorecer o bom crescimento das mudas após o plantio (Moraes *et al.*, 2013). Esse tipo de adubação é geralmente rica em P₂O₅, já que o fósforo desempenha papel essencial na produção de energia pelas plantas, sendo indispensável para processos como fotossíntese, reprodução, crescimento e sustentação dos organismos vegetais (Lopes, 1998).

Em se tratando de restauração florestal de florestas ombrófilas, que são povoamentos mistos, com espécies arbóreas sem grau de melhoramento, as respostas a adubação são sempre uma incógnita, se é necessário ou não. Neste cenário, um dos desafios é adotar critérios que consigam atender, satisfatoriamente, o nível crítico da necessidade nutricional para espécies presentes. A diversidade de espécies na restauração florestal é o que fomenta a busca por possíveis efeitos que a adubação de plantio pode causar nos indivíduos arbóreos, com uso de insumos, como calcário, adubo químico e adubo organomineral.

Entre os nutrientes presentes nos solos altamente intemperizados como a maioria que são utilizados para restauração florestal, o fósforo é o mais limitante para o crescimento do vegetais (Sanchez & Salinas, 1981). Alguns trabalhos indicam que as plantas arbóreas de ocorrência na Mata Atlântica responderam a adubação de plantio. Trabalho realizado por Cruz *et. al.* (2012), testou doses crescentes de N e P em Latossolo Vermelho-Amarelo álico. Aos 120 dias após o plantio, identificou melhoria exponencial no crescimento em diâmetro de coleto nas plantas de *Peltophorum dubium* quando comparadas à testemunha (sem adubação). O contrário ocorreu com espécies clímax testadas por Lima (1995) em campo com adubação de P. O autor verificou que, aos 8 meses após o plantio, as plantas não responderam à este tipo de adubação.

Outro aspecto importante é resposta das espécies arbóreas a aplicação de calcário nas covas de plantio. Este insumo atua na adição de cálcio e magnésio, na correção da acidez do solo e redução da concentração de Al³⁺ tóxico às plantas. Estudo de Sena *et. al.* (2010), testaram calcários com diferentes proporções entre Ca²⁺ e Mg²⁺ no crescimento de plantas da espécie *Dinizia excelsa*. Os autores verificaram que houve efeito positivo no crescimento das plantas em altura, diâmetro, matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz. O contrário foi observado por Silva, Pereira e Rodrigues (2011), no crescimento de oito espécies de plantas arbóreas, como exemplo *Anadenanthera macrocarpa*. Os autores concluíram que as plantas não responderam em crescimento inicial à aplicação de calcário dolomítico, aos 120 dias após plantio, para as variáveis altura e diâmetro.

Há carência de estudos que verifiquem à adubação de plantio, em condições de campo em solos relativamente pobres. A maior parte das informações disponíveis na literatura sobre este assunto, partem de ensaios em casa de vegetação com plantios em vasos, sujeitos ao mínimo impacto de intempéries existentes no campo. Devido a grande diversidade de espécies normalmente empregada em restauração florestal é interessante testar o maior número de espécies, para tentar chegar a uma adubação padrão de plantio na implantação destes povoamentos mistos visando contribuir para restauração da mata atlântica.

Objetivou-se avaliar a resposta de onze espécies arbóreas da Mata Atlântica a diferentes tipos de adubação no plantio, que incluíram: calcário dolomítico N-P-K (06-30-06), a

combinação de calcário + N-P-K e adubo organomineral. Cada tratamento foi comparado a uma condição controle (sem adubação) e buscou responder às perguntas: a adubação em covas no momento do plantio influencia significativamente o crescimento das espécies arbóreas? É necessária a adubação de plantio das arbóreas nativas, usando cultivo mínimo como método de preparo do solo?

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Adubação de espécies arbóreas nativas

A maior parte dos solos brasileiros possuem baixo teor de nutrientes essenciais para o crescimento dos vegetais, dentre eles, o fósforo, e a sua escassez é a responsável por provocar interferências negativas no crescimento dos vegetais, de acordo com Schumacher, Ceconi & Santana, (2004). No entanto, espécies de plantas arbóreas possuem o sistema radicular capaz de atingir grandes profundidades, permitindo que, através da ciclagem de nutrientes, se mantenham vivas mesmo em substratos com condições nutricionais adversas (Gonçalves *et. al.*, 2022).

O processo que envolve as etapas nutricionais de um povoamento florestal pode ser classificado em três fases, compreendidos em antes, durante e após o fechamento das copas. O entendimento destas fases, bem como do ciclo dos nutrientes, é essencial para o planejamento e manejo de fertilização eficaz (Gonçalves *et. al.*, 2022). O estudo de Souza *et. al.*, (2006) apresentou respostas significativas de espécies como *Schinus terebinthifolius* (aroeira pimenteira) à partir de 90 dias após o plantio submetidas à cinco tipos diferentes de fertilização, entre mineral e orgânica. Segundo Souza *et. al* (2006), ainda existem poucas informações sobre a demanda nutricional de espécies nativas, sobretudo à limitação de recomendações para adubação no campo, devido ao número reduzido de pesquisas realizadas nestas condições.

A análise de solo representa uma metodologia prática e usual para a avaliação da fertilidade do solo, sendo que, atualmente, há ampla disponibilidade de curvas de calibração adequadas para espécies com distintas exigências nutricionais superior (Gonçalves *et al.*, 2022). Estas informações subsidiam a interpretação correta dos resultados obtidos e, em caso de relevos declivosos, recomenda-se coletar as amostras em glebas homogêneas, dispostas nas partes de baixada, média e superior (Gonçalves *et al.*, 2022).

Segundo Silva (2022), para a compreensão mais precisa sobre o efeito da adubação no crescimento de espécies arbóreas nativas, é recomendável que os ensaios sejam conduzidos não apenas em vasos, mas, sobretudo, em campo. Assim, as plantas estariam sob a influência de variáveis ambientais que podem impactar o crescimento. A obtenção de conclusões sobre as respostas de espécies arbóreas em diferentes estágios sucessionais sob adubação de plantio depende da realização de experimentos que avaliem o indicador de resposta à adubação, considerando parâmetros como a diversidade genética e o estágio sucesional das espécies.

Para a boa condução dos estudos acerca das possíveis respostas que as plantas podem fornecer à adubação de plantio, é necessário conhecer a importância dos macronutrientes e micronutrientes existentes nos substratos, sua forma de atuação no sistema das plantas, bem como as funções de cada um. Vale ressaltar, que a aplicação de doses inadequadas destes nutrientes pode provocar sintomas que sinalizam distúrbios nutricionais nas plantas, característicos a cada um dos minerais (Malavolta, 2006).

Entre os nutrientes essenciais para o crescimento, o fósforo (P) é um dos nutrientes essenciais para o crescimento inicial no campo. Poucos são os estudos sobre as respostas das espécies usadas em reflorestamento ambiental ao suprimento de fósforo, contudo, têm-se observado que a adubação fosfatada gera respostas positivas em solos pobres nesse nutriente (De Resende *et. al.*, 1999). As formulações de N-P-K são comumente recomendadas para a

adubação fosfatada, porém, é necessário ter critérios nas doses para evitar efeito reversivo no crescimento das plantas (De Resende *et al.*, 1999).

Santos *et al.* (2008) demonstraram em estudo que, as espécies pioneiras como *Schinus terebinthifolius* (aroeira pimenteira) forneceram respostas mais relevantes à adubação com maior produção de matéria seca e absorção de fósforo (P), quando comparadas às climáticas como *Hymenaea courbaril* (jatobá). Destaca-se também, que os autores testaram diferentes doses de adubação fosfatada sob um solo argiloso caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico, concluindo que, espécies climáticas também são adequadas ao reflorestamento em solos com baixa fertilidade. Tal fato se dá, devido à pouca resposta de plantas neste estágio sucessional à adubação em decorrência à baixa exigência nutricional na fase juvenil e ao ritmo lento de crescimento.

Devido às características típicas dos solos brasileiros, o uso de fertilizantes tradicionalmente é complementado por práticas como a correção da acidez do solo, visando aumentar a eficiência na absorção de nutrientes pelas plantas Cruz *et al.*, (2017). Neste tocante, é comum o uso de calcário em variedade de formulações, alternativa que pode proporcionar melhorias nas demais características do solo, como maior saturação de bases e melhor capacidade de troca catiônica (CTC) Prado (2003). Tucci (1991) reitera a importância do calcário como ação inicial no processo de melhorias dos substratos, visando maior disponibilidade de nutrientes essenciais ao crescimento das plantas.

É importante levar em consideração também, o método para aplicação de calcário. Moraes *et al.*, (2013) recomenda que para corrigir a acidez e fornecer cálcio (Ca) e magnésio (Mg), pode aplicar de 200 g de calcário dolomítico por cova, preferencialmente de 15 a 30 dias antes do plantio. O autor também sugere a aplicação de uma fórmula convencional de N-P-K, como o 4-14-8, na quantidade de 150 g/cova.

Os custos operacionais para a adubação de plantio também precisam ser bem avaliados, de modo que a atividade de reflorestamento não se torne mais custosa. Deste modo, Moraes *et al.*, (2013) ressaltam que em decorrência da adaptação natural de espécies arbóreas sob a carente fertilidade dos solos brasileiros, a adubação pode ser ou não necessária, a depender das condições do sítio.

A dose e a combinação dos diferentes tipos de fertilizantes exigem critérios para o uso de proporções ideais e eficientes na adubação de plantio. Nesse contexto, Scheer *et al.* (2017) testaram níveis de calcário dolomítico (75% PNRT) e N-P-K (5-20-10), observaram que não houve interação entre os dois tipos de fertilizantes. Concluíram também que a dose de 250 g/cova de calcário proporcionou maior crescimento para a maioria das plantas em comparação àquelas que receberam 500 g/cova do mesmo fertilizante.

Scheer *et al.* (2017) verificaram também que, os tratamentos que receberam doses elevadas de calcário possivelmente provocaram desequilíbrio na disponibilidade de Ca e Mg. Sobretudo, todas as espécies do experimento apresentaram resultados positivos no crescimento em altura e diâmetro recebendo a adubação com os fertilizantes. Destacando a espécie *Schinus terebinthifolius* que apresentou as maiores alturas e diâmetros em relação às demais, provavelmente por se tratar de uma espécie pioneira e responderem melhor à adubação em relação a espécies tardias ou climáticas.

Os fertilizantes organominerais são boas opções capazes de melhorar as condições do substrato, permitindo melhores condições para o estabelecimento de plantas em solos carentes nutricionalmente. Tejada *et al.* (2002) afirmam que fertilizantes deste tipo são capazes de adicionar tanto nutrientes minerais, quanto orgânicos no substrato, reduzindo os custos com a aquisição de produtos para adubação. A parte orgânica destes fertilizantes é proveniente de resíduos como estercos, microorganismos e restos de culturas, estes proporcionam benefícios físico-químicos e ao condicionamento do solo (Cruz *et al.*, 2017). A matéria orgânica presente nos adubos organo-minerais reduz as perdas dos macronutrientes e o melhor aproveitamento

dos nutrientes, retendo em maior porcentagem quando comparado com os fertilizantes convencionais (Cruz *et al.*, (2017).

2.2 Espécies arbóreas de ocorrência na Mata Atlântica utilizadas nos experimentos

Peltophorum dubium (Spreng.) Taub, é conhecida por farinha-seca, pertence à família Fabaceae e subfamília Mimosoidae. O estágio sucessional é de secundária inicial, encontrada no interior de florestas e em matas de várzeas ou de capoeiras, com ampla distribuição (Burkart, 1979). Está presente em Florestas Estacionais Semideciduais, Submontana, Montana, Alto-Montana, Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa e em mata ciliar de 5 unidades da federação, dentre elas o estado do Rio de Janeiro (Carvalho, 2010). A espécie é heliófita e de média tolerância sob temperaturas baixas, possuindo adaptação em condições edafoclimáticas com regime de precipitação bem distribuído, variando entre 1200 mm e 2500 mm anuais e em solos ácidos (pH 3,5~5,5) de baixa a alta profundidade, textura variando entre úmidos, bem drenados e argilosos (Carvalho, 2010). O cultivo de farinha-seca pode ser a pleno sol em plantios puros ou diversificados como os sistemas agroflorestais, seu ritmo de crescimento é pouco conhecido e seu desenvolvimento é lento, contudo, a espécie é muito recomendada para a recuperação de áreas degradadas devido à sua copa densa que proporciona boa quantidade de sombreamento (Carvalho, 2010).

Anadenanthera colubrina var. *cebil* (Griseb.) Altschul, é conhecida como angico-vermelho, pertence à família Fabaceae e subfamília Mimosoideae. Seu estágio sucessional é de secundária inicial (Nave *et al.*, 1997). A espécie ocorre em 18 estados do continente brasileiro, entre eles o Rio de Janeiro, nas formações de vegetações como Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Densa, Cerradão, Caatinga Arbórea/Mata Seca e no Pantanal Mato-Grossense, porém, prefere as áreas de mata mais seca (Carvalho, 2003). O angico-vermelho pode se instalar em solos secos ou úmidos de textura variando de média a argilosa, mas necessita que sejam profundos, podendo até tolerar solos rasos, pouco drenados, encharcados e compactados (Carvalho, 2003). Observou-se que o melhor rendimento de crescimento ocorreu em plantios feitos em solos de textura argilosa, profundos, bem drenados e com boa fertilidade nutricional, contudo, há registro de ocorrência em solos sedimentares, calcários, aluviais e areníticos da região nordeste do Brasil (Carvalho, 2003). Quanto ao clima, é adequado regime de chuvas periódicas e distribuídas uniformemente, resistindo bem em quantidades que variam entre 400 mm a 2500 mm; temperaturas médias anuais de 18°C a 29,4°C (Carvalho, 2003).

Cariniana estrellensis (Raddi) Kuntze, é conhecida por jequitibá-branco, pertence à família Lecythidaceae. Ocorre em 11 estados do Brasil além do Rio de Janeiro, é semicaducifólia na estação do inverno, atinge alturas que variam entre 15 a 50 m e diâmetro a altura do peito (DAP) entre 50 e 215 cm (Carvalho, 2003). A espécie pode se instaurar em solos de baixa fertilidade, porém, seu rendimento em crescimento é maior em solos com textura arenoso-argilosa a argilosa, profundos e férteis; quanto ao clima, precipitações entre 1000 mm a 2700 mm por ano, de maneira bem distribuída e temperaturas médias variando entre 18,1°C e 25°C (Carvalho, 2003). O jequitibá-branco é heliófita, tolera sombra apenas na fase inicial de vida, possui crescimento de moderado a rápido e pode ser plantado de forma mista, associado tanto com espécies pioneiras, quanto secundárias; mas também em plantios puros, sendo uma boa opção para as práticas de restauração florestal (Carvalho, 2003). Segundo estudo de Durigan e Nogueira (1990), a espécie é recomendada para restauração de mata ciliar que possuam solos de boa drenagem e também com inundações habituais.

Cariniana legalis (Mart.) Kuntze, é conhecida por jequitibá-rosa, pertence à família Lecythidaceae. Os indivíduos são caracterizados de semicaducifólios (Perdem parte das suas folhas), atingindo alturas que variam de 10 a 60 m e DAP que vão de 60 a 400 cm e de

ocorrência natural no estado do Rio de Janeiro e em mais 7 estados do Brasil (Carvalho, 2003). A espécie é semi-heliófita, suporta sombreamento na fase juvenil e ocorre em Floresta Ombrófila Densa da Mata Atlântica, Submontana, Baixo-Montana, Floresta Estacional Semidecidual e em Floresta de Tabuleiro (Carvalho, 2003). Se estabelece de maneira natural em solos rasos, areníticos, basálticos, embora preferirem solos com média a boa fertilidade que apresentam texturas entre franca e argilosa de boa drenagem Carvalho (2003). Está adaptada a climas com precipitação média anual variando de 1100 mm a 2500 mm, com regime de chuvas bem distribuídas, periódicas e chuvas concentradas no período do verão, em temperaturas médias anuais de 19,4°C a 26,1°C (Carvalho, 2003).

Ceiba speciosa (A.St.-Hil) Ravena, é conhecida como paineira, pertence à família Malvaceae, possui crescimento moderado a rápido e é muito recomendada para a composição de espécies utilizadas na restauração florestal (Carvalho, 2003). A espécie é classificada como secundária inicial a secundária tardia, ocorrendo em Floresta Semidecidual, Estacional Decidual, Caatinga e em Ombrófila mista, é heliófita (Carvalho, 2003). É pouco exigente nutricionalmente, contudo pode se estabelecer tanto em solos de alta quanto os de baixa fertilidade com disponibilidade de componentes químicos; preferem solos bem drenados de textura arenosa e não tolera solos encharcados ou sujeitos a inundação (Carvalho, 2003). A paineira é heliófita, ou seja, tolera sombreamento apenas nos primeiros anos de vida e pode ser plantada ao pleno sol em plantios mistos, suas mudas com alturas acima de cinco metros possuem bom estabelecimento no campo (Carvalho, 2003). Está adaptada a climas com precipitação média anual variando entre 750 mm a 2300 mm, com chuvas bem distribuídas mas suporta longos períodos de seca e a temperaturas médias anuais variando entre 16,7°C a 23,7°C (Carvalho, 2003).

Croton aff. urucurana Baill, conhecida como sangra-d'água, pertence à família Euphorbiaceae. A espécie varia entre arbustiva e arbórea e possui um comportamento de pioneira e oportunista (Durigan; Nogueira, 1990; Garcia *et al.*, 2011). As árvores de sangra d'água geralmente atingem 4 metros de altura, mas podem atingir até 15 metros com DAP de 40 cm (Carvalho, 2014). No brasil, ocorre nos estados do Amazonas, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo, com predominância em ambientes alagados como várzeas, podem formar agrupamentos pequenos e seu ciclo de vida é curto (Carvalho, 2014). Sorreano *et al.* (2011) verificaram em estudo que, a deficiência dos macronutrientes nitrogênio (N), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) provocaram impacto negativo no crescimento em altura, diâmetro e área foliar de indivíduos de sangra-d'água.

Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong, é conhecida como tamboril, pertence à família Fabaceae e é pioneira (Carvalho, 2003). Atinge de 10 a 40 metros de altura com 40 a 300 cm de DAP e é facilmente encontrada em vegetação secundárias e ocupando estrato emergente em diversas regiões fitoecológicas como Floresta Ombrófila Densa na Mata Atlântica, Baixo-Montana, Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Floresta Estacional Decidual, entre outras (Carvalho, 2003). A espécie ocorre em solos de baixa e de alta fertilidade nutricional, contudo em plantios, cresce com maior vigor em solos férteis, de textura variando entre franco-argilosa e argilosa (Carvalho, 2003). O tamboril não se estabelece bem em solos rasos com excesso de umidade, o que provoca processo de morte da planta que se inicia com a seca gradativa do ponteiro (Carvalho, 2003). Ocorre na maior parte do país, desde o nordeste até o sul do país, em climas de chuvas bem distribuídas, com médias de precipitações anuais variando entre 800 mm a 2300 mm e temperaturas médias oscilando entre 18,7°C e 26,6°C (Carvalho, 2003).

Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos, é conhecida popularmente como ipê-roxo, pertence à família Bignoniaceae e é considerada espécie secundária tardia de vida

longa, podendo chegar até os 800 anos de idade (Carvalho, 2003). O crescimento acontece de maneira lenta a moderada e é comumente encontrada em vegetação secundária, presente nas formações submontanas de Florestas Estacionais Semideciduais e em Florestas Ombrófilas Densas da Mata Atlântica (Carvalho, 2003). A espécie ocorre em inúmeros tipos de solos e com média a alta fertilidade; propriedades físicas com considerável profundidade, boa drenagem, textura podendo variar entre franca a argilosa e em relevos planos a relativamente ondulados (Carvalho, 2003). O ipê-roxo é considerado semi-heliófita e está adaptado a climas com precipitação média anual variando entre 850 mm a 3700 mm, chuvas bem distribuídas e com temperaturas médias de 18,7°C a 25,6°C. Na restauração florestal, a espécie pode ser utilizada associando-a com espécies pioneiras e secundárias, em vegetação matricial arbórea ou até mesmo em plantios puros, e o crescimento é mais expressivo quando inseridas em solos férteis (Carvalho, 2003).

Hymenaea courbaril L. é conhecida popularmente como jatobá, seu estágio sucesional é considerado de secundário tardio ou clímax; pode ser encontrada nas Florestas Ombrófilas Densas da Mata Atlântica, ocupando o estrato dominante das Florestas Estacionais Semideciduais e nas variadas regiões fitoecológicas presentes em quase todos os estados do Brasil, inclusive no Rio de Janeiro (Carvalho, 2003). A espécie costuma ocorrer em solos secos, e, em alguns casos, em solos de baixa fertilidade; entretanto, seu crescimento será mais vigoroso em solos com boa fertilidade, de textura variando entre franca a argilosa e com boas condições de drenagem (Carvalho, 2003). O jatobá está adaptado a climas com precipitação média anual entre 1000 mm a 2400 mm, com chuvas periódicas que podem estar concentradas no verão ou no inverno, e temperaturas médias anuais oscilando entre 18,1°C a 26,2°C (Carvalho, 2003).

Schinus terebinthifolia Raddi, conhecida por aroeira-vermelha, possui forma biológica que varia de arbusto a árvore perenifólia, atingindo altura entre 2 e 15 m com DAP entre 10 a 60 cm (Carvalho, 2003). A espécie é considerada como pioneira ou secundária inicial, estando presente em vegetação secundária e em grande parte das regiões fitoecológicas, como a Floresta Ombrófila Densa da Mata Atlântica com ampla distribuição no território nacional, ocorrendo desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul (Carvalho, 2003). A aroeira-pimenteira se estabelece em uma infinidade de solos, sendo de baixa ou alta disponibilidade de nutrientes, e podendo suportar solos inundados; contudo, se adaptam bem em solos bem drenados, de textura argilosa a argilo-arenosa e que possuam boas condições nas propriedades físico-químicas (Carvalho, 2003). Quanto ao clima, a espécie está inserida em regiões com média pluviométrica entre 700 mm e 2700 mm por ano, com chuvas bem distribuídas na região sul e periódicas concentradas no verão nas demais regiões do país; temperaturas médias anuais entre 13,2°C e 27°C (Carvalho, 2003).

Schizolobium parahyba (Vell.) S.F.Blake, é conhecida popularmente como guapuruvu, estado sucesional considerado de pioneira a secundária inicial e ocorre em florestas primárias e secundária (Carvalho, 2003). A espécie encontra-se bem distribuída no território nacional desde a Bahia até o Rio Grande do Sul; ocorre naturalmente em Florestas Ombrófilas Densas da Mata Atlântica, em vegetações próximas à cursos d'água e áreas alagadas, ocupam até mesmo o dossel superior em regiões de encostas (Carvalho, 2003). Apesar do guapuruvu possuir melhor crescimento quando inserido em solos com boas condições químicas com boa drenagem, é pouco exigente e cresce bem em regiões com carência nutricional; solos de textura arenosa, extremamente secos e rassos são inapropriados (Carvalho, 2003). Devido a espécie ser heliófita, não se adapta bem em locais com temperaturas baixas, suportando temperaturas médias anuais entre 18,8°C e 24,3°C; média pluviométrica anual de 1100 mm até 2400 mm com chuvas periódicas em algumas regiões do país ou bem distribuídas como no estado do Rio de Janeiro (Carvalho, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

Os experimentos foram implantados e conduzidos em área destinada ao reflorestamento localizado na Reserva Ecológica do Guapiaçu (REGUA), coordenadas $22^{\circ}30'19.39''S$ e $42^{\circ}43'57.32''O$, situada no município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro. O bioma da região é de Mata atlântica e a tipologia presente é de Floresta Ombrófila Densa Submontana. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo “Am”, marcado por verões chuvosos e sem estação seca definida. De acordo com dados coletados no site “Agritempo (2024)” no período entre 2010 e 2023, a média pluviométrica anual da localidade é de 1.489 mm. Entre novembro de 2023 e agosto 2024 (período do experimento), a temperatura média anual foi de $25^{\circ}C$ e o acumulado de chuvas foi de 904 mm. A Figura 1 apresenta o somatório da distribuição mensal dos dados de precipitação e temperatura no período do experimento e média da soma de precipitação dos últimos cinco anos. O relevo é ondulado, com inclinações que variam entre 30° e 35° . O relevo é ondulado, com inclinações que variam entre 30° e 35° . O solo da área foi classificado como LATOSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico. Historicamente, o local foi ocupado por pastos mal manejados de *Urochloa humidicola* (Braquiária) destinados à criação de gado.

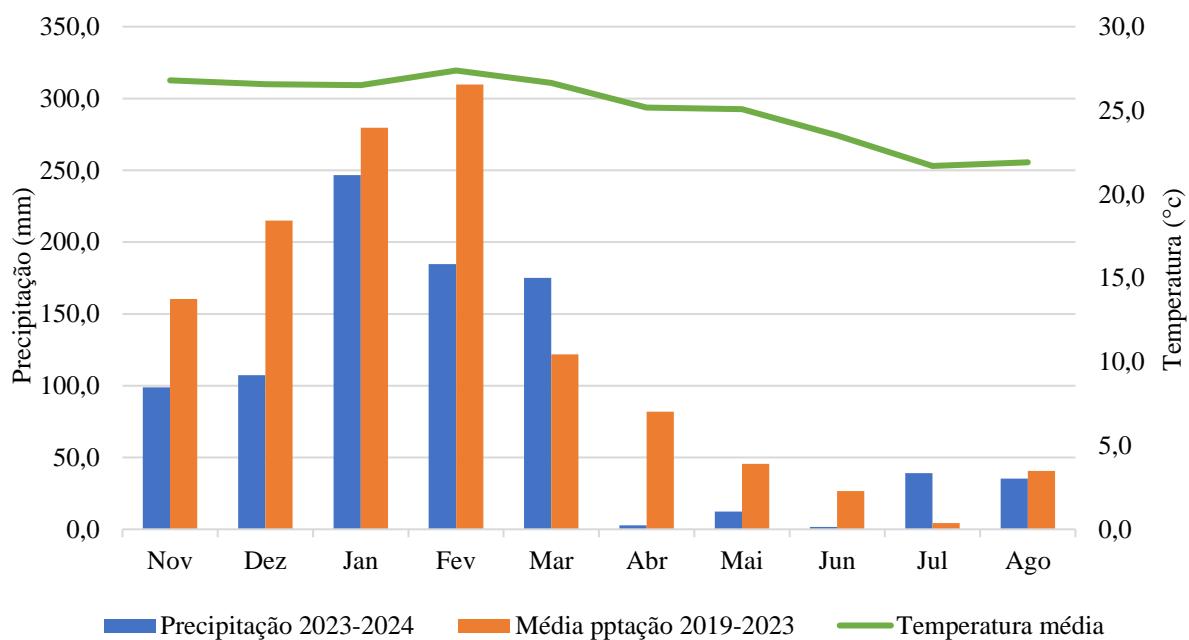


Figura 1: Soma de precipitação dos meses de novembro 2023 a agosto de 2024 e soma das médias de precipitação dos últimos 5 anos e temperatura média no período do experimento, Município de Cachoeiras de Macacu – RJ.

3.2 Experimento 1

Para a instalação do experimento no início de setembro de 2023, foi feito o preparo da área, com dessecação pré-plantio utilizando calda de herbicida à base de glifosato, em área total na dose de 1444 g. ha^{-1} .

Os tratamentos foram: T1 - Testemunha; T2 - 90 g de calcário dolomítico (CaO 39%; MgO 11%; PRNT 91,26%) /cova; T3 - 150 g de N-P-K 06-30-06 a / cova e T4 - 90 g de calcário

dolomítico (CaO 39%; MgO 11%; PRNT 91,26%) e 150 g de N-P-K 06-30-06. Este adubo químico, de acordo com o rótulo, contém também 10% Ca. É importante ressaltar que objetivo principal do calcário não é aumentar o pH do solo e diminuir teores de Al^{3+} , e sim fornecer cálcio e magnésio. Foram utilizadas sete espécies arbóreas, com quatro tratamentos e dez repetições, que foram plantadas e cultivadas em povoamento misto. As espécies utilizadas foram: *Schinus tererbinthifolia* Raddi (aroeira pimenteira), *Anadenanthera colubrina* var. cebil (Griseb.) Altschul (angico-vermelho), *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub (farinha seca), *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Ipê-roxo), *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil) Ravenna (paineira), *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. (tamboril) e *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze (jequitibá-branco). Apenas a última espécie não é considerada pioneira de acordo com Carvalho (2003). Para fins de análises e apresentação dos resultados, cada espécie é considerada um experimento, apesar de estarem misturadas entre si na área experimental. Foi adotado delineamento inteiramente casualizado.

Coletou-se 24 amostras de solo na camada de 0-20 e 20-40 cm, que foram enviadas para análise em laboratório. Com base na análise, a classificação textural é Argilo-arenosa (52% de Argila e 44% de Areia) e os resultados da análise química do solo estão descritos na Tabela 1. Foto do perfil do solo até 40 cm encontra-se na Figura 2.

Tabela 1: Resultados de análise química do solo, em duas camadas, Cachoeiras de Macacu - RJ

Camada (cm)	pH H ₂ O	P -mg/dm ³ -	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al Cmol _c /dm ³	SB (t)	(T)	V	m	MO	
0-20	4,1	1,2	27	0,25	0,11	1,4	7,37	0,42	1,82	7,79	5,5	76,8	3,4
20-40	4,0	0,6	14	0,17	0,07	1,3	6,16	0,27	1,54	6,43	4,2	82,4	2,2

* dag/Kg. pH em água – relação 1:2,5; P e K: extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al: extrator de KCl 1 mol/L; H+Al = Extrator acetato de cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0; SB = Soma de bases trocáveis; CTC (t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases; m = Índice de Saturação de Alumínio; MO = matéria orgânica.

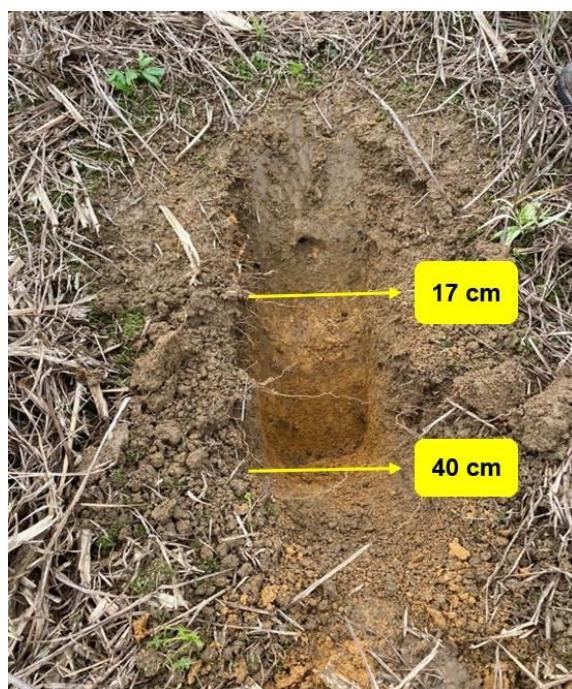


Figura 2: Foto do perfil do solo da área experimental, até 40 cm de profundidade, em Cachoeiras de Macacu – RJ.

No início de novembro de 2023, 40 dias após a dessecação, foram feitas as marcações dos espaçamentos de plantio em 2 x 2 m e, com o auxílio de um motocoveador, abertas covas de 25 x 40 cm (diâmetro x profundidade), adicionando a quantidade de 90 g de calcário nas covas dos tratamentos T2 e T4. Em seguida, o substrato foi misturado com enxadão e retornado para as covas.

A equipe retornou a área em dezembro de 2023 para dar continuidade, com a abertura das covas dos tratamentos T1 e T3 utilizando motocoveador e reabertura das covas dos tratamentos T2 e T4 com cavadeira. Na sequência, foi feita a adição do fertilizante mineral N-P-K em T3 e T4, misturando, com auxílio de enxadão, ao solo retirado da cova. Por fim, o plantio das mudas em todas as covas (tratamentos).

As mudas utilizadas foram produzidas em tubetes de 280 cm³ no viveiro florestal da REGUA, selecionando aquelas que encontravam-se em boas condições fitossanitárias e com padronização de tamanho. Os valores da média de altura são 60, 50, 41, 24, 44, 65 e 50 cm, respectivamente para angico-vermelho, aroeira pimenteira, farinha seca, ipê-roxo, jequitibá-branco, tamboril e paineira. Nesta sequência os valores médios de diâmetro do coletor são 6,9; 3,7; 5,0; 3,4; 4,5; 8,3 e 8,1 mm.

Durante o período do experimento, foram realizadas manutenções periódicas, que incluíram o controle de formigas cortadeiras com iscas formicidas granulados. A fim de evitar competição, realizou-se coroamentos e roçada mecânica utilizando roçadeira costal para o controle de plantas daninhas e em uma oportunidade controle com uso de calda de herbicida à base de glifosato.

Em agosto de 2024, oito meses após o plantio, coletou-se a altura da parte aérea, o diâmetro a 5 cm do solo e mediu-se das larguras transversal (DT) e longitudinal (DL) das copas das plantas, em relação às linhas de plantio. Usou respectivamente vara graduada, paquímetro digital e trena para esta sequência de medidas. Calculou a área de copa, utilizando-se a equação:

$$Ac = \frac{\pi * DL * DT}{4}$$

Em que:

Ac - área de copa;

π - 3,1415...

DL – diâmetro longitudinal à linha de plantio;

DT – diâmetro transversal à linha de plantio.

Para verificar possíveis efeitos nas variáveis mensuradas sob diferentes formas de adubação aplicadas (tratamentos), as comparações de crescimento das plantas, foram realizadas sempre em relação à testemunha. Vale destacar que, para não gerar viés nas análises, as espécies e os tratamentos que apresentaram poucas repetições foram retirados do banco de dados.

O software R Studio, versão 4.4.0 (2024-04-24, ucrt), com o pacote “easyanova”, foi utilizado para as análises estatísticas. Os dados coletados em campo foram processados por meio deste pacote, após a validação para atender aos pressupostos estatísticos. A homocedasticidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Bartlett, enquanto a normalidade dos resíduos foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, procedeu-se à análise de variância (ANOVA), e, em caso de diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 10% de significância.

3.3 Experimento 2

O estudo baseou-se na mesma estrutura do anterior, onde cada espécie de planta arbórea foi considerada um experimento, com as mudas plantadas em forma de povoamentos mistos.

Foi adotado o delineamento em blocos casualizados formado por quatro tratamentos e quatro blocos. Cada bloco era formado por quatro linhas de plantio, cinco espécies e oito indivíduos de cada espécie, totalizando 40 plantas por bloco e 160 plantas em todo o experimento. Os tratamentos foram: T1 – testemunha; T2 – 150 g/cova de calcário dolomítico (CaO 39%; MgO 11%; PRNT 91,26%); T3 – 150 g/cova de fertilizante mineral N-P-K (06-30-06) + 10% Ca; T4 – 200 g/cova de fertilizante organomineral N-P-K (03-10-5), com CTC de 80 mmol_c/kg, 5% de enxofre, 6% de cálcio, 8% de composto orgânico, tendo como constituintes fosfato monoamônico, cloreto de potássio, composto orgânico e ureia.

Para este experimento coletou-se quatro amostras de solo, camada de 0-25 cm, que foram misturadas, formando uma amostra simples. Posteriormente, foram enviadas para análise em laboratório. Com base na análise, a classificação textural é Argilo-arenosa (48% de Argila e 41% de Areia) e os resultados da análise química do solo estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Análise química do solo da área de implantação do experimento a 25 cm de profundidade

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	(t)	(T)	(V)	(m)	MO
H ₂ O	---mg/dm ³ ---					Cmol _c /dm ³	-----			%		dag/kg
4,7	2,7	26	0,50	0,19	1,4	7,92	0,76	2,16	8,68	8,8	64,8	3,4

pH em água – relação 1:2,5; P e K: extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al: extrator de KCl 1 mol/L; H+Al = Extrator acetato de cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0; SB = Soma de bases trocáveis; CTC (t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases; m = Índice de Saturação de Alumínio; Mat.Org. (MO) = C.Org x 1,724 – Walkey-Black.

O início das atividades de preparo da área para o experimento ocorreu meados de janeiro de 2024, com a roçada e em 30/01 aplicou-se calda de herbicida à base de glifosato, na dose de 1444 g. ha⁻¹. A instalação do experimento ocorreu em 19/02, com marcações das covas em espaçamento 2 x 2 m, coroamento, abertura das covas com dimensões de 25 x 40 cm (diâmetro x profundidade) adição dos fertilizantes nas covas dos tratamentos T2, T3 e T4. Para estas atividades foram utilizadas garabito de bambu, enxadão e motocoveador.

Os fertilizantes foram misturados ao solo (exceto testemunha) com o motocoveador na abertura das covas para que em seguida fosse feito o plantio das mudas. Foram utilizadas mudas de cinco espécies de plantas arbóreas da Mata Atlântica: *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (jequitibá-rosa), *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil) Ravenna (paineira), *Croton urucurana* Baill (sangra d'água), *Hymenaea courbaril* L. (jatobá) e *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (guapuruvu). As mudas foram produzidas em tubetes de 110 cm³, no viveiro Da serra Ambiental, Joanópolis – SP, e selecionadas obedecendo padronização de tamanho e com boas condições fitossanitárias. Essas espécies são tradicionalmente utilizadas para a formação de povoamentos com o objetivo de restauração florestal em áreas desflorestadas, como o local pertencente à REGUA, onde este estudo foi realizado.

Durante o período do experimento, foram realizadas manutenções periódicas, que incluíram o controle de formigas cortadeiras com iscas formicidas granuladas. A fim de evitar competição, realizou-se coroamentos e roçada mecânica utilizando roçadeira costal para o controle de plantas daninhas que retornaram em pontos do experimento.

Em agosto de 2024, completados seis meses após plantio, foi feita a coleta de altura da parte aérea e o diâmetro a 5 cm acima do nível do solo. Nesta época, também foram coletadas amostras de solo para obter informações do efeito dos tratamentos sobre as características químicas do solo. Deste modo, em cada tratamento foram coletadas quatro (uma em cada bloco

e tratamento) amostras a 10 cm de distância do caule das plantas e até 25 cm de profundidade. Na sequência, as amostras foram enviadas para o laboratório de análise de solos.

Para realizar as análises estatísticas, os dados coletados em campo foram processados no software estatístico R Studio, versão 4.4.0 (2024-04-24, ucrt), “Puppy Cup”. Utilizando o pacote “Exp.Des.pt”, foram inicialmente verificados os pressupostos estatísticos de normalidade dos resíduos, por meio do teste de Shapiro-Wilk, e de homogeneidade das variâncias, pelo teste de Bartlett. Com os pressupostos atendidos, procedeu-se à análise de variância (ANOVA) das variáveis de crescimento das plantas de cada espécie e tratamento de adubação em relação ao tratamento testemunha, e verificou se houve diferenças significativas, ao nível de significância de 10%. Os dados dos parâmetros químicos do solo, onde atendeu as pressuposições os dados foram submetidos a ANOVA, e quando detectou-se diferenças significativas, os dados foram submetidos ao Teste Tukey ($P > 0,05$), para as diferenças dos valores médios entre os tratamentos.

4 RESULTADOS

4.1 Experimento 1

Para todas as espécies, constatou-se pela análise de variância ($P < 0,1$), não existir diferenças significativas no crescimento em altura, diâmetro ao nível do solo e área de copa das plantas onde aplicou-se o condicionador calcário, o fertilizante N-P-K (06-30-06) e os dois insumos, em relação a testemunha. Também a média geral, envolvendo todas as espécies, não constatou-se diferenças significativas entre plantas do tratamento testemunha e de adubação ($P < 0,1$). Os resultados das características de crescimento são apresentados nas Figuras 3, 4 e 5, respectivamente.

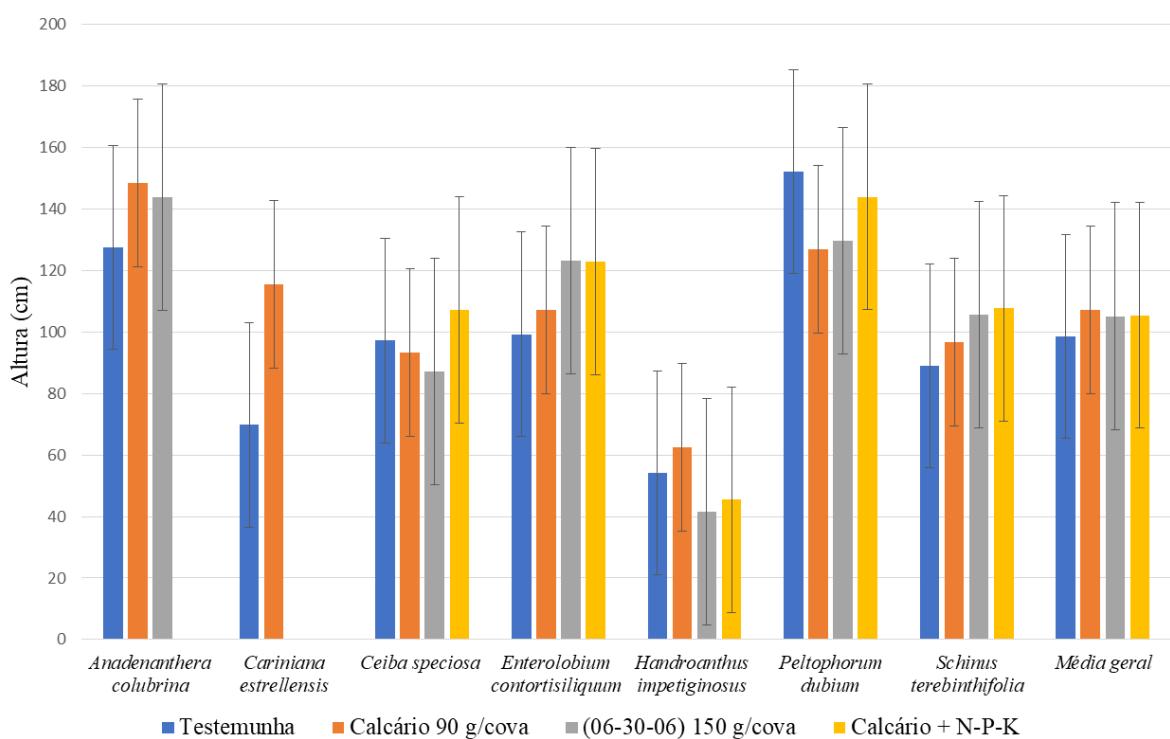


Figura 2: Média das alturas de sete espécies arbóreas e média geral em resposta a tratamentos de adubação em relação a testemunha, aos oito meses após aplicação e plantio das mudas, em Cachoeiras de Macacu – RJ. Os intervalos marcados representam desvio padrão.

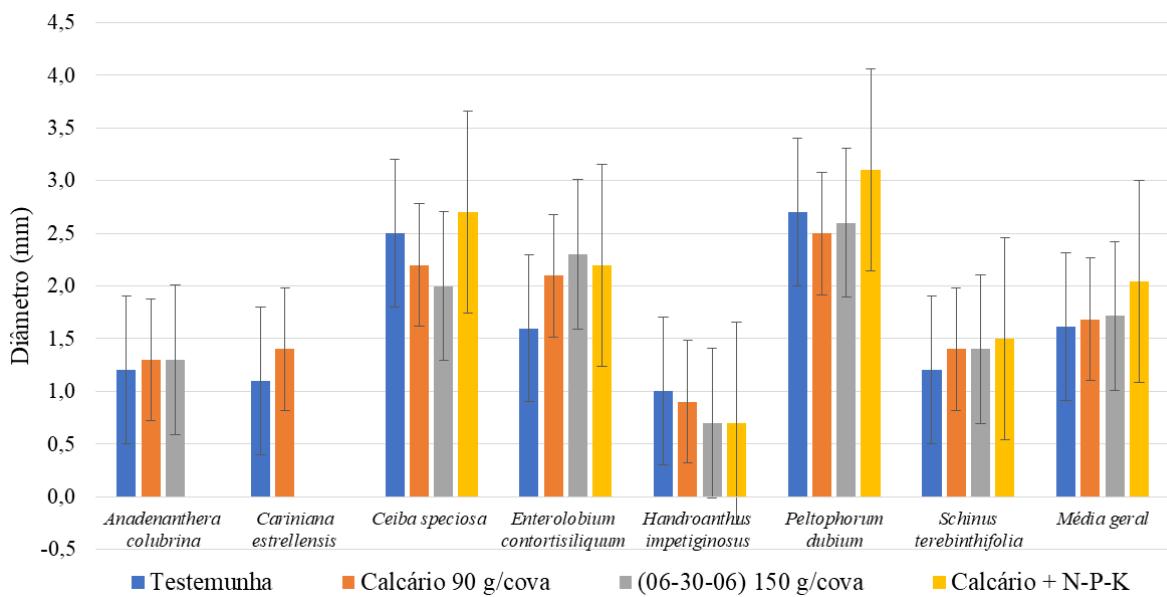


Figura 3: Média de diâmetro ao nível do solo de sete espécies arbóreas e média geral em resposta a tratamentos de adubação em relação a testemunha, aos oito meses após aplicação e plantio das mudas, em Cachoeiras de Macacu – RJ. Os intervalos marcados representam desvio padrão.

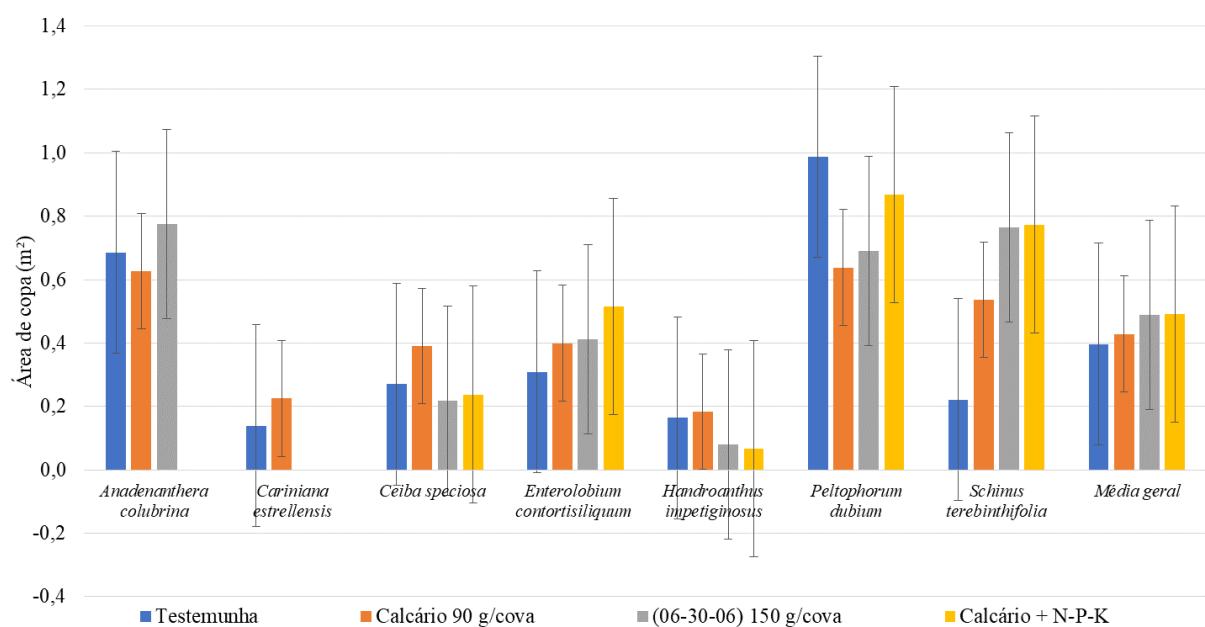


Figura 4: Média de área de copa de sete espécies arbóreas e média geral em resposta a tratamentos de adubação em relação a testemunha, aos oito meses após aplicação e plantio das mudas, em Cachoeiras de Macacu – RJ. Os intervalos marcados representam desvio padrão.

4.2 Experimento 2

Para as cinco espécies estudadas, constatou-se pela análise de variância ($P < 0,1$), não existir diferenças significativas de crescimento em altura e diâmetro ao nível do solo das plantas onde aplicou-se o condicionador calcário, o fertilizante N-P-K (06-30-06) e adubo

organomineral, em relação a testemunha, no dia do plantio das mudas. Também a média geral, envolvendo todas as espécies, não se constatou diferenças significativas ($P < 0,1$). Os resultados das características de crescimento são apresentados nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

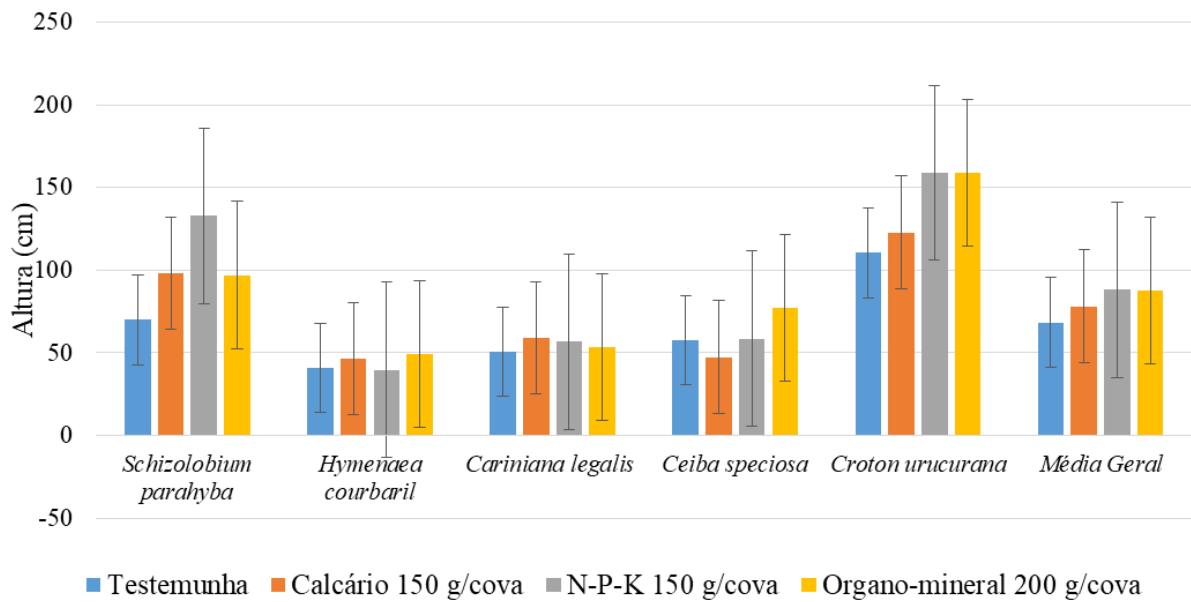


Figura 5: Média das alturas de cinco espécies arbóreas e média geral em resposta a tratamentos de adubação em relação a testemunha, aos seis meses após aplicação e plantio das mudas;; Cachoeiras de Macacu – RJ, Os intervalos marcados representam desvio padrão.

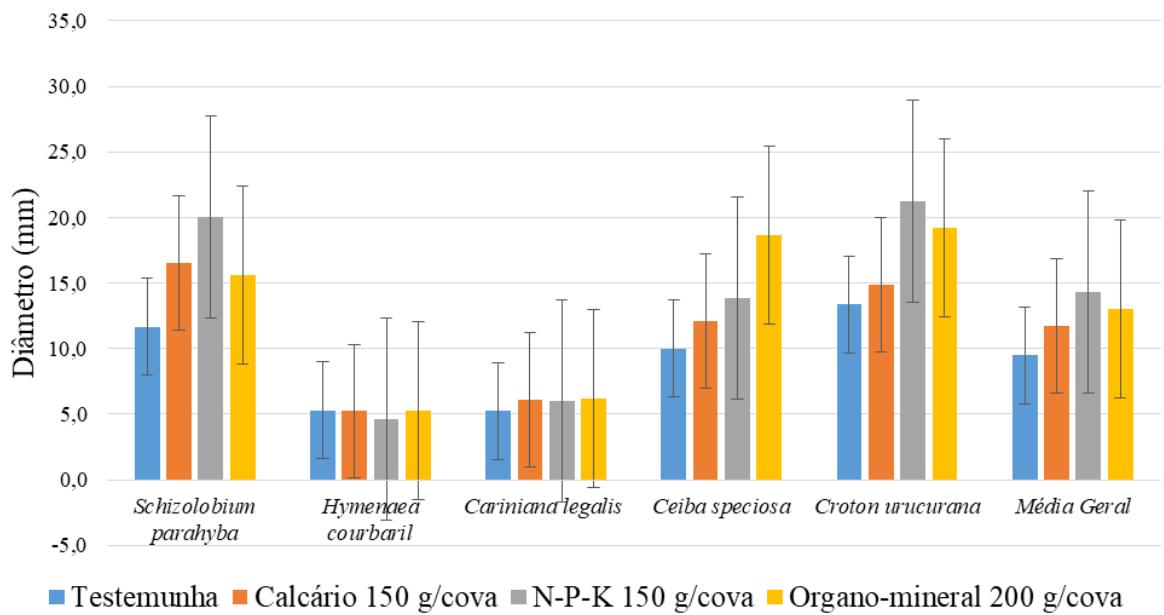


Figura 6: Média de diâmetro ao nível do solo de cinco espécies arbóreas e média geral em resposta a tratamentos de adubação em relação a testemunha, aos seis meses após aplicação e plantio das mudas, em Cachoeiras de Macacu – RJ. Os intervalos marcados representam desvio padrão.

Resultados de análises químicas de solos retiradas das covas, aos seis meses após o plantio evidenciam, como esperado, onde aplicou-se 150 gramas do condicionador calcário apresentou valores significativamente superiores de pH, Ca, Mg, CTC(t) e V e significativamente inferior de Al³⁺ (Tabela 3). Valores significativamente superiores de P foram observados nas covas onde aplicou-se 150 gramas de N-P-K (06-30-06) na época do plantio. Os teores de K não diferiram significativamente entre os tratamentos aos 6 meses após aplicação dos insumos.

Tabela 3: Análise química do solo, camada de 0 a 25 cm de profundidade nas covas das plantas, aos seis meses após o plantio, em Cachoeiras de Macacu – RJ

Tratamentos	pH H ₂ O	P -- mg/dm ³ --	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB cmolc/dm ³	(t)	(T)	V	m
Testemunha	4,5 b	0,6 c	30,2 a	0,3 b	0,2 b	1,3 a	5,9 a	1,1 a	0,6 b	7,8 a	8,1 b	72,4*
Calcário	5,2 a	0,5 c	29,0 a	1,7 a	1,6 a	0,2 b	4,9 a	2,2 a	1,0 a	7,1 a	47,1 a	4,7*
N-P-K	4,8 ab	4,0 a	44,5 a	0,6 b	0,2 b	1,0 a	6,3 a	0,9 a	0,7 ab	7,2 a	13,1 b	52,9*
Organomineral	4,7 ab	2,7 b	36,0 a	0,4 b	0,3 b	1,1 a	6,4 a	1,1 a	0,7 ab	7,5 a	13,9 b	53,4*

pH em água – relação 1:2,5; P e K: extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al: extrator de KCl 1 mol/L; H+Al = Extrator acetato de cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0; SB = Soma de bases trocáveis CTC(t) = Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0 V = Índice de Saturação de Bases; m = Índice de Saturação de Alumínio. Em cada coluna, médias seguidas por letra(s) diferentes apresentam diferenças significativas, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). * os dados não seguiram predispostos para análise de variância.

5 DISCUSSÃO

Apesar de o resultado da análise química do solo indicar, no experimento, pH de 4,0 e teor de alumínio trocável de 1,4 cmolc/dm³ (Tabela 1), valores normalmente recomendados para a aplicação de calcário em muitas culturas (Souza *et al.*, 2007), observou-se que as plantas das sete espécies estudadas não responderam à aplicação de 90 g de calcário (39% CaO, 11% MgO, PRNT = 92%) por cova, aplicada 45 dias antes do plantio. Isso provavelmente ocorreu devido ao fato das espécies arbóreas serem adaptadas a solos ácido conforme mencionam Gonçalves *et al.* (2022), como os encontrados em ambientes naturais (mata), onde o sombreamento e a umidade excessiva no solo, especialmente no verão, favorecem a lenta decomposição da serapilheira, tornando o ambiente mais ácido. Segundo Furtini Neto *et al.* (2000), as plantas apresentam grande variação de respostas à aplicação de calcário. A aplicação de calcário tem como função corrigir a acidez do solo por neutralização de H⁺, além de corrigir a toxidez de alumínio e manganês por reações que formam oxihidróxidos – Al(OH)₃ e Mn(OH)₂ (Souza *et al.*, 2007) sendo que, para alcançar esses objetivos, é normalmente recomendado após aração, aplicar o calcário e em seguida passar grade, para misturá-lo e incorporá-lo ao solo. Contudo, isso não ocorreu neste experimento, onde foi adotado o cultivo mínimo. A ausência de resposta no crescimento das plantas ao calcário também pode ter ocorrido devido à aplicação restrita às covas de plantio. Pelo cálculo procurando elevar a saturação por bases do solo, camada de 0 - 20 cm, para 50%, conforme recomendado por Gonçalves *et al.* (2022), teor médio de saturação de bases de 5% e capacidade de troca catiônica a pH 7,0 igual a 7,79 (Tabela 1), PRNT do calcário utilizado e considerando as covas como cilindro de 25 x 40 cm, o valor por do calcário a ser aplicado por cova é de 37 gramas. Pela densidade relativamente alta do calcário utilizado e tentando estender a possibilidade de aumentar em dobro a área de potencial ação do calcário ao redor limites externos das covas, optou por utilizar 90 gramas de calcário no primeiro experimento.

Ao retornar à área 45 dias após a aplicação do calcário para o plantio das mudas, no experimento I observou-se, como esperado, a incidência de plantas espontâneas, como *Urochloa sp.*, que, segundo Santana *et al.* (2020) e Nunes (2023), tem grande potencial para se tornar invasora em áreas de restauração florestal. Também foram observadas *Amaranthus sp.*, *Mikania sp.* e *Sida cordifolia L.*, mencionadas por Oki (2024), com grande potencial de se tornarem daninhas nas covas de plantio. Assim, devido a não resposta à aplicação de calcário das sete espécies (experimento 1), esperar tempo para a reação calcário corrigir acidez deste solo da Tabela 2 e Figura 2, plantas herbáceas reincidem sobre o solo revolvido, conforme relatado por Oki (2024), logística de retornar a área mais uma vez, e principalmente perdendo o melhor período de plantio, não recomenda a prática de aplicação de calcário, para ambiente em condições edafo-climáticas semelhantes ao deste estudo. Este comportamento da ausência de respostas das espécies arbóreas à adição de calcário na cova foi confirmada pelo experimento 2, em que o solo apresentou, aparentemente características químicas um pouco melhor (Tabela 2) e onde usou 150 gramas por covas do corretivo.

Os valores de fósforo na análise química indicam que os solos estão na classe de muito baixo para as espécies arbóreas da Mata Atlântica, conforme informações de Sorreano, Rodrigues e Boaretto (2012) e Gonçalves *et al.* (2022). Assim, esperava-se resposta positiva de algumas espécies à adubação com 150 gramas de N-P-K (06-30-06) nos dois tratamentos que utilizaram este insumo. A ausência de resposta ao fertilizante provavelmente ocorreu devido à demora na emissão de raízes pelas espécies arbóreas da Mata Atlântica, em comparação ao eucalipto e às culturas agrícolas, o que fez com que a maior parte das 45 gramas de P₂O₅ aplicadas ficasse adsorvida ao solo, que é de textura argilo-arenosa. Outra possível explicação é que, durante o período experimental, a precipitação foi inferior à soma da precipitação média mensal (Figura 1), dificultando a mobilização do fósforo, que, segundo Novais, Smyth e Nunes (2007), tem baixa mobilidade no solo, e dificultando sua absorção pelas raízes das plantas devido à menor umidade. Silva *et al.* (2023) também observaram que plantas de *Citharexylum myrianthum* não responderam a dois tratamentos com adubos fosfatados (60 g de P₂O₅ por vaso), aos 5 meses após o transplante, cultivadas a pleno sol em vasos de 18 litros, com solo de textura franco-argilo-arenosa e teor de P de 2,13 mg/dm³. Silva (2022), em um trabalho de campo em Cachoeiras de Macacu, observou que *Dalbergia nigra*, *Guazuma ulmifolia* e *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* não responderam à adubação de plantio com 144 gramas de NPK (05-27-10), aos 6, 12, 18 e 24 meses após o plantio das mudas, em solo com teor de P inferior a 2,2 mg/dm³. Outro trabalho de campo estudo de Silva *et al.* (2022), que verificou a resposta de crescimento de sete espécies arbóreas à adubação de plantio com doses de 150, 300 e 450 gramas de superfosfato simples, em solo na camada de 0-20 cm, com pH de 6,3, teor de P de 0,7 mg/dm³, e Ca, Mg e Al = 3,22; 0,75 e 0,06 Cmol_c/dm³, constatando respostas diferenciadas entre as espécies. Os autores indicam a dose de 250 gramas de superfosfato simples como a mais adequada para adubação de plantio em condições edafoclimáticas semelhantes às do estudo. Lopes (2020), testou a resposta à adubação fosfatada, com 34 g de P₂O₅ por vaso de 18 litros, utilizando diferentes adubos, também em LATOSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, camada de 0-40 cm, com pH de 4,9, teor de P de 4,2 mg/dm³ e Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ = 0,6; 0,2 e 0,8 Cmol_c/dm³, apresentando 48% de argila e 38% de areia, para o crescimento de plantas de *Lafoensia glyptocarpa*. Esse autor observou que as plantas dessa espécie responderam positivamente à adubação fosfatada, com destaque para o fosfato natural de rocha e FH eucalipto (N-P-K 06-29-06). Esses trabalhos evidenciam que as respostas das espécies arbóreas à adubação de plantio variam conforme as condições específicas de cada caso, e que na maioria das vezes não existem respostas significativas adubações com adubos com maior concentração em P₂O₅.

Em relação à ausência de respostas significativas das sete estudadas do experimento I a aplicação de 45 dias antes do plantio de 90 gramas de calcário e no dia do plantio de 150

gramas de N-P-K (06-30-06) no dia plantio, aos 8 meses após plantio, provavelmente é devido a não resposta ao calcário e ao N-P-K separadamente, discutido anteriormente.

Lopes (2020), também trabalhou com adubação de plantio em campo, em Cachoeiras de Macacu, usando cultivo mínimo em solo, camada de 0 – 25 cm, com pH = 4,9; teor de P = 2,7 mg/dm³; Ca, Mg e Al = 0,12; 0,09 e 1,1 Cmol./dm³, utilizando como adubação 300 gramas de calcário (CaO = 39%; MgO = 11%) 60 dias antes do plantio e na época do plantio 50 gramas de fosfato de rocha (20% P₂O₅) no fundo cova e 150 gramas de N-P-K (06-30-06) misturado com a terra da cova. Este autor observou que as plantas de *Guarea guidonia* não responderam a esta adubação com calcário e os adubos fosfatados e que as plantas de *Cordia superba* e *Cordia superba* responderam positivamente em crescimento as estas adubações aos 6 e 18 meses após o plantio. Variações de respostas das plantas de espécies arbóreas a adubação de plantio são bastantes distintas, conforme mencionado por Furtini Neto *et al.* (2000) e por Sorreano, Rodrigues e Boaretto (2012). Os autores afirmam que as respostas dependem de vários fatores como o solo (fertilidade e textura), declividade, condições ambientais e, principalmente do controle de plantas daninhas após implantação do povoamento (Santos *et al.*, 2019 e Ribeiro *et al.* 2022). Tal fato, é um dos motivos de estudos com herbicidas pré-emergentes em restauração florestal (Gomes, 2022; Oki, 2023).

Conforme apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, o solo deste estudo apresenta cor escura na superfície até 20 cm de profundidade e cor amarelada entre 20 e 40 cm. De acordo com os dados da Tabela 1, o teor de matéria orgânica é de 3,4 e 2,2 dag/kg, respectivamente. Esses valores são relativamente superiores aos encontrados por Silva *et al.* (2022) e à maioria dos solos de morros utilizados para restauração florestal e enquadram na classe ótima do teor de matéria orgânica no solo preconizado por Gonçalves *et al.* (2022). O valor relativamente alto de matéria orgânica, aliado ao material dessecado do preparo da área, contribui para a retenção de umidade e, segundo Silva e Mendonça (2007), favorece uma maior atividade microbiana no solo, o que, consequentemente, favorece o bom crescimento das plantas arbóreas. Dessa forma, uma das principais razões para a ausência de diferenças significativas entre o tratamento testemunha e o tratamento com adubação provavelmente se deve aos teores relativamente altos de matéria orgânica no solo e à manutenção do material dessecado na área, que ajudam a manter a umidade do solo.

Ausência das cinco espécies e do conjunto de espécies ao adubo organomineral N-P-K (03-10-05) provavelmente ocorreu devido ao teor de matéria orgânica existente no solo (Tabela 2) está na faixa considerada como ótimo para as espécies arbóreas (Gonçalves *et al.*, 2022). Silva (2022) também trabalhando este organomineral, na dose de 332 gramas por cova, em solo com teor de matéria orgânica na camada de 0-10 cm de 3,4 dag/kg, também Cachoeiras de Macacu – RJ, observou que não houve resposta significativa, como adubação de plantio no crescimento de três espécies, em comparação com a testemunha absoluta.

De acordo com os dados de análise de solo das covas apresentados na Tabela 3, observa-se que, aos 6 meses após o plantio e a aplicação dos tratamentos, houve aumento nos teores de nutrientes, porém esse aumento não resultou em diferenças significativas no crescimento das plantas arbóreas. Isso provavelmente ocorreu devido ao fato das espécies arbóreas nativas não apresentarem melhoramento genético, enquanto os adubos e insumos utilizados são geralmente formulados para culturas agrícolas e florestais, como as dos gêneros *Eucalyptus*, *Pinus*, *Hevea*, entre outros, que passaram por processos de melhoramento.

6 CONCLUSÃO

Todas as espécies arbóreas não responderam de maneira significativa a adubação de plantio utilizada. Nas condições edafoclimáticas semelhantes ao deste trabalho não é necessária a adubação de plantio das arbóreas nativas, usando cultivo mínimo como método de preparo do solo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRITEMPO - Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Dados de precipitação e temperatura máxima, 2024. Disponível em: <https://encurtador.com.br/klzFH>. Acesso em: 18 jul. 2024.

BURKART, A. Leguminosas: mimosoideas. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1979. 299 p. (Flora ilustrada catarinense).

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2003, v. 1.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2010, v. 4.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2014, v. 5.

CONEGLIAN, A. *et al.* Crescimento inicial de *Schizolobium parahybae* em solo de cerrado brasileiro sobre calagem e adubação mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 908-912, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n10p908-912>. Acesso em: 19 nov. 2024.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. S; FIGUEIREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. **BNDES Setorial**, n. 45, p. 137-187, mar. 2017. Disponível em: <http://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11814>. Acesso em: 17 nov 2024.

CRUZ, C. A. F. *et. al.* Produção de mudas de canafístula cultivadas em Latossolo vermelho amarelo álico em resposta a macronutrientes. **Cerne**, v. 18, p. 87-98, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000100011>. Acesso em: 18 nov. 2024.

DUBOC, E. **Desenvolvimento inicial e nutrição de espécies arbóreas nativas sob fertilização, em plantios de recuperação de áreas de cerrado degradado**. 2005.173p. Tese (Doutorado em Agronomia - Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu, 2005.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal, 1990. 14 p. (IF. Série Registros, 4).

FONTES, A. G. et al. Eficiência nutricional de espécies arbóreas em função da fertilização fosfatada. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 73, p. 9–17, 2013. DOI: 10.4336/2013.pfb.33.73.392. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/392>. Acesso em: 19 nov. 2024.

FREITAS, V. F. **Efeito da adubação e microrganismos promotores de crescimento no desenvolvimento de *Schizolobium parahyba***. 2015. 79 p. Dissertação (Mestrado em microbiologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015. Disponível em: <https://repositorio.uel.br/handle/123456789/16939>. Acesso em: 19. nov 2024.

FURTINI NETO, A. E. *et al.* Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas na fase de plântula. **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 01-12, 1999. Disponível em: <https://cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/520>. Acesso em: 20 nov. 2024.

FURTINI NETO, A. E. *et al.* Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000 p. 351-384.

GOMES, A. C. **Herbicidas pré-emergentes na restauração florestal do bioma Mata Atlântica: Avaliação de tolerância de espécies nativas e controle de plantas daninhas..** Dissertaçã. 85 p. (Mestrado em Fitotecnia) -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022..

GONÇALVES, E. O. *et al.* Nutrição de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) submetidas a doses de N, P, K, Ca e Mg. **Revista Árvore**, v. 36, p. 219-228, 2012.

GONÇALVES, J. L. M *et al.* **Plantações florestais e seringueira.** In: CANTARELLA, H. *et al.* **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agronômico, 2022., p. 438-452.

LIMA, H. N.; VALE, F. R.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N. Crescimento inicial a campo de sete espécies arbóreas nativas em resposta à adubação mineral com NPK. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 21, n. 1, p. 189 - 195, 1997.

LOPES, L. N. **Biossólido e fertilizante mineral como adubação de plantio de espécies da Mata Atlântica: Crescimento inicial e seus efeitos no solo.** 2020. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2020.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MORAES, L.F.D. *et al.* **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2013. 84p.

NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Planejamento e recuperação ambiental da Fazenda São Pedro da Mata município de Riolândia - SP. 1997, Anais. Viçosa: SOBRADE; UFV/DPS/DEF, 1997. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000935522>. Acesso em: 25 nov. 2024.

NOGUEIRA, J. C. B. **Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas.** São Paulo: Instituto Florestal, 1977. 71 p. (IF. Boletim Técnico, 24.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, J.; NUNES, F. N. **FÓSFORO.** In: NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. VIII, p. 471-550.

NUNES, Y. I. Crescimento inicial de *Trema micrantha* e *Cariniana estrellensis* em convivência com *Urochloa brizantha*. 2023. 11 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

Oki, G. Y. **Herbicidas pré-emergentes na restauração florestal em área de pastagem.** 2024. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

PRADO, R. M. Efeito residual do calcário sob diferentes modos de incorporação antes da instalação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, p. 478-482, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000300012>. Acesso em: 14 nov. 2024.

RESENDE, A. V. *et al.* Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 34, p. 2071-2081, 1999.

RIBEIRO, J.G *et al.* Fertilizing planting of *Inga edulis* Mart. in coexistence with *Urochloa brizantha* cv. Marandu. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, p. 52219-52233, 2022. Disponível em <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/50431>.

SANCHEZ, P.A.; SALINAS, J.G. Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, v.34, p.280 - 406, 1981. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60889-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60889-5). Acesso em: 20 nov. 2024.

SANTOS, J. Z. L. *et al.* Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, v. 32, p. 799-807, 2008.

SANTOS, T. A. *et al.* Growth of Tree Species in Coexistence with Palisade Grass *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf CV. Marandu. **Planta daninha**, v. 37, p. e019178812, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/QZPLcP4cXx8SDQNhpdkdHhd/?lang=en>

SCHEER, M. B. *et al.* Crescimento inicial de quatro espécies florestais nativas em área degradada com diferentes níveis de calagem e de adubação. **Floresta**, v. 47, n. 3, p. 279-287, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/rf.v47i3.41973>. Acesso em: 5 nov. 2024.

SENA, J. S. *et al.* Efeito da calagem e da correção dos teores de Ca e Mg do solo sobre o crescimento de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke). **Acta Amazonica**, v. 40, p. 309-317, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000200009>. Acesso em: 20 nov. 2024.

SOUZA, D.M.G *et al.* Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS *et al.*(Editores). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p.205-274.

SOUZA, C. A. M. de *et al.* Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.

SORREANO, M. C. M; RODRIGUES, R. R.; BOARETTO, A. E. **Guia de nutrição para espécies florestais nativas**. São Paulo: Oficina de textos, 2012. 54p.

SORREANO, M. C. M. *et al.* Deficiência de macronutrientes em mudas de sangra d'água (*Croton urucurana*, Baill.). **Cerne**, v. 17, p. 347-352, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602011000300008>. Acesso em 19. nov 2024.

SILVA, A. H. et al. Desenvolvimento inicial de espécies exóticas e nativas e necessidade de calagem em área degradada do Cerrado no triângulo mineiro (Minas Gerais, Brasil). **Agronomía Colombiana**, v. 29, n. 2, p. 479-484, 2011.

Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652011000200015&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 nov. 2024.

SILVA, O. M. C. **Adubação de plantio em espécies arbóreas da Mata Atlântica com biofertilizantes minerais**. 2022. 61p. Tese (Programa de Pós graduação em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

SILVA, O. M. C. *et al.* Adubação fosfatada no crescimento inicial de sete espécies florestais nativas destinadas à recuperação de uma área degradada. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 1, p. 371-394, 2022. Disponível: <https://doi.org/10.5902/1980509861339>. Acesso em: 28 nov. 2024.

SILVA, O. M. C. *et al.* Initial growth of *Citharexylum myrianthum* plants under planting fertilization. **Floresta**, v. 53, n. 3, 2023. Disponível em: 10.5380/rf.v53i3.84237. Acesso em: 27 nov. 2024.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 275-374.

SILVEIRA, R. L. V. A.; GAVA, J. L. Nutrição e adubação fosfatada em eucalipto. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed). **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 495-536.