

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCar

FELIPE ADAUTO DE OLIVEIRA ZEPON

EFEITO DO TIPO DE ADUBAÇÃO NO CRESCIMENTO INICIAL DE SETE  
ESPÉCIES ARBÓREAS

SÃO CARLOS - SP

2021

FELIPE ADAUTO DE OLIVEIRA ZEPON

EFEITO DO TIPO DE ADUBAÇÃO NO CRESCIMENTO INICIAL DE SETE  
ESPÉCIES ARBÓREAS

Monografia apresentada, como pré-requisito para a conclusão do curso de graduação em Gestão e Análise Ambiental da Universidade Federal de São Carlos.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Andréa Lúcia Teixeira de Souza

SÃO CARLOS-2021

## **FOLHA/TERMO DE APROVAÇÃO**

FELIPE ADAUTO DE OLIVEIRA ZEPON

### **EFEITO DO TIPO DE ADUBAÇÃO NO CRESCIMENTO INICIAL DE SETE ESPÉCIES ARBÓREAS**

Monografia Apresentada, como pré-requisito para a conclusão do curso de graduação em Gestão e Análise Ambiental da Universidade Federal de São Carlos:

---

Profa. Dra. Andréa Lúcia Teixeira de Souza

Orientadora – Departamento de Ciências Ambientais – UFSCar

---

Profa. Dra. Raquel Stucchi Boschi

Secretaria de Gestão Ambiental e Sustentabilidade

São Carlos, 15 de janeiro de 2021.

## RESUMO

A degradação de florestas nas regiões tropicais causada por ações antrópicas, principalmente das atividades agrícolas, vem resultando em impactos como a perda das funções e serviços ecossistêmicos. A degradação do solo tem como consequência alterações nos atributos químicos e físicos e nas comunidades biológicas do solo. A restauração florestal visa minimizar estes impactos, através da reintrodução de espécies arbóreas nativas. O entendimento dos mecanismos envolvidos entre as relações de performance de diferentes espécies vegetais e o estado de degradação do solo pode tornar mais eficiente as práticas de restauração florestal. Este estudo avaliou experimentalmente o efeito da disponibilidade de nutrientes e de matéria orgânica no solo no crescimento de sete espécies arbóreas nativas: *Guazuma ulmifolia* Lam., *Pterogyne nitens* Tul., *Copaifera langsdorffii* Desf., *Peltophorum dubium* (Spreng.) Raub., *Hymenaea courbaril* L., *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze e *Terminalia argentea* Mart. Monitoramos o crescimento inicial das plantas e as mudanças da disponibilidade dos nutrientes do solo ao longo do tempo, em cultivos de mudas sob três tipos de adubação, sendo uma química (adição de NPK), e duas orgânicas, usando restos de restaurante e esterco bovino. As plantas também foram cultivadas em solo sem nenhum tipo de adubação, que foi usado como controle. O experimento foi conduzido em viveiro, com irrigação duas vezes ao dia e monitorado por aproximadamente 30 semanas, a partir da germinação de cada espécie. Foi realizada análises químicas mensais no solo dos três tratamentos, mais o controle, para a quantificação dos níveis de M.O, K, P, pH, N, V (saturação de bases) e m% (saturação por alumínio). Na Análise de Componente Principal dos parâmetros químicos, constatou-se que os solos onde houve a adição de adubação orgânica, estes se aproximaram ao primeiro eixo que se relacionou aos parâmetros de M.O, P, pH, N e V, enquanto o controle esteve próximo a m%. Já o tratamento químico, se aproximou do segundo eixo que esteve relacionado a K. Entre a adubação orgânica, esterco bovino e composto de restos de restaurante, não houve diferença significativa na composição química, mas se diferenciaram da adubação químico e de controle. As plantas cultivadas em solo que receberam adubação orgânica tiveram maior crescimento, sendo o esterco bovino o responsável pelo maior tamanho médio nos indivíduos de três das sete espécies, enquanto indivíduos sob o tratamento controle com apenas o solo de aterro, apresentaram o menor crescimento. Apenas três espécies germinaram no tratamento que recebeu adubação química e alcançaram tamanhos intermediários entre os adubos orgânicos e o solo de aterro.

Palavras-Chave: Restauro Florestal, Solo, Nutrientes do Solo, Fertilidade do Solo, Adubação, Matéria Orgânica no Solo, Crescimento de Plantas.

## ABSTRACT

The degradation of forests in tropical regions caused by anthropic actions, mainly due to agricultural activities, has resulted in impacts such as the loss of ecosystem functions and services. This degradation results in changes in soil chemical and physical properties, and biological communities. Forest restoration aims to minimize these impacts, through the reintroduction of native tree species. Understanding the mechanisms involved between the performance of different plant species and the state of soil degradation can lead to more efficient forest restoration practices. This study experimentally evaluated the effects of soil nutrient and organic matter availability on the growth of seven native tree species: *Guazuma ulmifolia* Lam., *Pterogyne nitens* Tul., *Copaifera langsdorffii* Desf., *Peltophorum dubium* (Spreng.) Raub., *Hymenaea courbaril* L., *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze and *Terminalia argentea* Mart.. We monitored plant initial growth and the changes in soil nutrient availability over time in seedling cultivations under three types of fertilization, one chemical (addition of NPK), and two organic additions, using restaurant waste and cattle manure. The plants were also cultivated in soil without any type of fertilization, which was used as a control. The experiment was conducted in a nursery with irrigation twice a day and monitored for approximately 30 weeks from the germination of each species. Soil chemical analyses were carried out monthly for each of the three treatments, plus control, to quantify the levels of OM, K, P, pH, N, V% (base saturation) and m% (aluminum saturation). A Principal Component Analysis of the chemical parameters showed that the soils where organic fertilizer was added were related to the first axis, which was correlated with OM, P, pH, N and V%, whereas the control was close to m%. The chemical treatments, on the other hand, were related with the second axis, which was correlated with K concentrations. There were no significant differences among organic fertilization, cattle manure and restaurant waste, but these treatments differed from chemical fertilization and control. Plants grown in soil that received organic fertilization had the highest growth, with cattle manure being responsible for the largest average individual size in three of the seven species. Individuals grown in control soils presented the lowest growth. Only three species germinated in the treatment that received chemical fertilization, and they reached intermediate sizes when compared to soils with organic fertilizers and controls.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	8
2.1 ESPÉCIES ESTUDADAS.....	8
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E COLETA DE DADOS.....	10
2.3 COLETA E ANÁLISES DO SOLO.....	11
2.4 ANÁLISE DOS DADOS.....	11
<b>3 RESULTADOS</b> .....	12
3.1 PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO.....	12
3.2 CRESCIMENTO DAS PLANTAS .....	15
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	18
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	19
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	20

## 1 INTRODUÇÃO

Nas regiões tropicais, a supressão da vegetação nativa e a implantação de práticas agropastoris, entre outras atividades antrópicas, vêm causando a degradação do solo através de mudanças nos processos químicos, físicos e biológicos (BALSAN, 2006) e consequente perda das funções ecossistêmicas (AN et al., 2008; STEWART et al., 2001; ALLAN, 2004; RAMÍREZ et al., 2008; MERRITT et al., 2010; TRAN et al., 2010). Em solos degradados ocorre uma diminuição dos níveis de nutrientes minerais, mas principalmente de matéria orgânica (LONGO, 2011).

A matéria orgânica no solo aumenta a estabilidade de agregados e a porosidade, melhorando consequentemente a capacidade de infiltração e retenção de água (BRADY e WEIL, 2013; PAUL, 2014; AULER et al., 2020). Além disto, a constante entrada de serapilheira observada nas florestas intactas, mantêm o solo com altos níveis de nutrientes minerais e intensas trocas catiônicas através dos processos de decomposição da matéria orgânica (BRADY e WEIL, 2013; KONONOVA, 2013). Alguns nutrientes liberados neste processo são cálcio, magnésio e potássio, enquanto outros nutrientes como nitrogênio, enxofre, ferro e manganês são disponibilizados por oxidação bioquímica da matéria orgânica e reações de redução (BRADY e WEIL, 2013). Assim, de maneira geral as plantas que crescem em solos com maior quantidade de matéria orgânica, apresentem maiores probabilidades de estabelecimento (NICOTRA et al., 2010).

A sobrevivência e o crescimento das plantas são fortemente influenciados pelos atributos químicos e físicos do solo, portanto, a distribuição espacial das espécies arbóreas pode ser determinada pelo estado de degradação do solo (CLEVELAND et al., 2011; FUJITA et al., 2013; KICHENIN et al., 2013; ANDRADE et al., 2014; VIANI et al., 2014). Enquanto níveis muito baixos de determinados nutrientes como nitrogênio e fosforo podem restringir o desenvolvimento de muitas espécies de plantas (SOAR e LOVEYS, 2007; LÜ et al., 2012; LIU et al., 2012), uma quantidade acima dos níveis ideais de nutrientes, pode resultar em reações fisiológicas adversas ao invés de um crescimento adicional (BRANDY e WELL, 2013). Alterações nos níveis de nutrientes minerais e de matéria orgânica no solo é, portanto, um dos fatores limitantes da regeneração natural de florestas tropicais e representa um obstáculo à reintrodução de espécies arbóreas nativas para a restauração, uma vez que a performance de espécies nativas está diretamente condicionada às condições edáficas (NEPSTAD et al., 1996; HOBBS e NORTON, 2004; HOLL, 1999). Informações sobre a relação entre os atributos químicos do solo e o desenvolvimento inicial de indivíduos, devem aumentar a eficiência dos projetos que envolvam a restauração e conservação da biodiversidade (EHLERINGER e SANDQUIST, 2006; HALL et al., 2011; KHURANA e SINGH, 2001; SUDING et al., 2004).

Apesar do efeito do solo na sobrevivência e crescimento de plantas nativas, as práticas de restauração de florestas raramente consideram práticas de manejo do solo, o que pode se tornar mais baixa a eficiência de muitas tentativas de restauração ecológica destas florestas (KHURANA et al. 2001; NUNES e PINTO, 2012; SUGANUMA e TOREZAN, 2013; VILAS et al., 2014). O manejo prévio do solo, especialmente o aumento da disponibilidade de nutrientes e de matéria orgânica deve aumentar a probabilidade de sobrevivência e de crescimento durante os estágios iniciais das plantas (EHLERINGER e SANDQUIST, 2006; HALL et al., 2011; KHURANA e SINGH, 2001; SUDING et al., 2004). Além disto, a compreensão dos mecanismos envolvidos na relação entre crescimento dos indivíduos de diferentes espécies arbóreas nativas e os atributos do solo pode ser de ajuda no desenvolvimento de estratégias que envolvam projetos de restauração e conservação da biodiversidade em florestas tropicais, auxiliando no estabelecimento dos indivíduos e no sucesso do projeto.

Este estudo avaliou o efeito de três tipos de adubação: química (Q); orgânica usando composto de restos de restaurante (C) e orgânica usando esterco bovino (E) no crescimento de plantas de sete espécies arbóreas nativas, no período entre a germinação e os seis primeiros meses de desenvolvimento. Mais precisamente, questionamos:

1. Como o tipo de adubação influencia os parâmetros químicos do solo?
2. A diferença entre tipo de adubação influencia as taxas de crescimento das plantas?
3. Diferentes espécies de plantas respondem igualmente aos mesmos tipos de adubação?

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 ESPÉCIES ESTUDADAS

As espécies arbóreas nativas usadas no experimento foram escolhidas com base em estudos na literatura e frequentemente usadas em projetos de restauração. As espécies utilizadas foram:

*Guazuma ulmifolia* Lam.– é uma espécie de ampla distribuição no Sudeste e Centro-Oeste, também é encontrada no nordeste com exceção do Piauí, com indivíduos já registrados nos Estados do Pará, Amazonas, Acre e Rio Grande do Sul. É uma árvore perenifólia, classificada como pioneira, secundária inicial ou de clímax exigentes de luz, apresentando um crescimento rápido com os maiores indivíduos alcançando até 30 m de altura e 60 cm de DAP(Diâmetro a Altura do Peito, medido a 1,30m do solo) . Muito encontrada nas formações secundárias e de capoeiras abertas (CARVALHO, 2006).

*Pterogyne nitens* Tul. – é uma espécie encontrada desde o nordeste brasileiro até o oeste do Estado de Santa Catarina (LORENZI, 2002). Árvore semicaducifólia, sua altura é de 10 a 15 m com 50 cm de DAP, atingi até 35m de altura e 120 cm de DAP, na fase adulta (CARVALHO, 2003). A

sua madeira é classificada como moderadamente densa (LORENZI, 2002). É uma espécie heliófita, classificada como secundária inicial com papel de pioneira em áreas degradadas e arenosas, apresentando crescimento de lento a moderado. (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003).

*Copaifera langsdorffii* Desf. – Possui ampla distribuição no Brasil, abrangendo uma ampla gama de formações florestais. É considerada bastante plástica, pois, é encontrada desde solos férteis e bem drenados até solos pobres, com alto teor de ácidos e álidos, como o encontrado no cerrado. Árvore semicaducifólia, possui de 5 a 15m de altura e 20 a 60cm de DAP, pode atingir até 35 m de altura e 100 cm de DAP, em sua fase adulta na floresta pluvial. Quando encontrada no Cerrado ou na Caatinga, apresenta um porte menor, de 1,8 a 10 m de altura, nos campos rupestres da Serra da Bocaina, no Estado de Minas Gerais, possui porte arbustivo com 1,2 m de altura (CARVALHO, 2013). A madeira desta espécie pode ser considerada como moderadamente densa (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2002). É uma espécie heliófita tolerante a sombra, e é classificada como secundária tardia a clímax ou clímax tolerante à sombra, tendo um crescimento de lento à moderado (CARVALHO, 2003).

*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. – Ocorre em todos os estados do Sul e Sudeste do Brasil, além do pantanal sul-mato-grossense, sul e sudeste da Bahia e porções leste de Pernambuco e Paraíba. Espécie caducifólia (perde totalmente suas folhas no inverno), tende a ter de 10 a 20 m de altura e de 35 a 90 cm de DAP, atingi excepcionalmente até 40 m de altura e 300 cm de DAP, quando adulta. A espécie é de sucessão secundária inicial, mas com característica de pioneira e apresenta um crescimento rápido sendo sua madeira classificada com densa. (CARVALHO, 2003).

*Hymenaea courbaril* L. – É uma espécie de ampla distribuição, ocorrendo nas regiões do nordeste, sudeste, centro-oeste e no Estado do Paraná, característica da Floresta Estacional Semidecidual. Árvore semicaducifólia, possui de 8 a 15 m de altura e de 40 a 8 cm de DAP, pode atingir até os 20 m de altura (CARVALHO, 2003). Considerada heliófita, tem um crescimento de lento a moderado e sua madeira é considerada densa. Ocorre em solos secos e, em algumas ocasiões, até em solos com baixa fertilidade, tende a ter melhoras no crescimento quando a fertilidade do solo varia de média a elevada (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2002). Segundo autores é uma espécie de sucessão secundária tardia ou de clímax exigente de luz (CARVALHO, 2003).

*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze – Ocorre em toda a região do sudeste e em alguns estados do sul, nordeste e centro-oeste e com registros no Estado do Acre. Árvore semicaducifólia no período do inverno, tem de 15 a 35 m de altura e 50 a 80 cm de DAP, pode atingir excepcionalmente até 50 m de altura e 215 de DAP, em sua fase adulta possuindo crescimento variável, desde moderado a rápido e sua madeira é moderadamente densa. Em matas ciliares do Brasil Central, atinge até 15 m de altura e 60 cm de DAP (CARVALHO, 2003). Para seu desenvolvimento a *Cariniana estrellensis* tem como condições ambientais ideais solos profundos e férteis, com textura de areno-argilosa a

argilosa, entretanto, ocorre também em solos pouco férteis, mas o crescimento é limitado em solos muito arenosos e com pouca drenagem (CARVALHO, 2003). Espécie de sucessão secundária tardia ou de clímax exigente de luz, mas apesar de ser considerada uma planta heliófita, tolera sombreamento na fase juvenil (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2002).

*Terminalia argentea* Mart. – Sua distribuição inclui as regiões sudeste e centro-oeste, e os Estados da Bahia, Piauí, Maranhão, Pará e Amapá. Trata-se de uma espécie arbórea, pioneira e de comportamento decíduo. Apresenta um crescimento lento, sendo sua madeira moderadamente densa. Os maiores indivíduos atingem dimensões próximas a até 22 m de altura e 50 cm de DAP. Prefere terrenos profundos e bem drenados, mas é adaptada também a terrenos secos, pedregosos e com baixa fertilidade (CARVALHO, 2010).

## 2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E COLETA DE DADOS

O experimento foi conduzido no viveiro do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos. As sementes das setes espécies foram plantadas em potes de plástico de polietileno preto, com capacidade de sete litros, o que corresponde a aproximadamente 6,9 kg de solo. No total foram 20 potes por espécie, divididos em três tratamentos de diferentes tipos de adubação e mais o controle com apenas solo de aterro, perfazendo cinco potes de cada tratamento. Os potes foram dispostos no viveiro nas mesmas condições para todas as espécies e tratamentos, com irrigação por microaspersão de 5 minutos, quatro vezes ao dia e 20% de sombreamento.

Para a montagem dos tratamentos com esterco bovino e compostos de restaurantes foram aplicados um quarto do volume do pote com o determinado tratamento de adubação, com o restante preenchido com solo de aterro. Cada tratamento teve os volumes de: Solo Controle (S) = solo de aterro (7l); Esterco Bovino (E) = solo de aterro (5,25l) + esterco bovino (1,75l); Composto Orgânico (C) = solo de aterro (5,25l) + composto de restos de restaurantes (1,75l); Adubo Químico (Q) = Solo de aterro (7l) + Adubo Químico. O adubo químico consistiu em 26,67g de ureia (=12,006g de N), 76,08g de superfosfato simples (=12,934g de P) e 7g de KCL (=4,18g de K). A montagem do experimento se realizou no dia 13 de agosto de 2019, com a primeira coleta de solo realizada no dia 13 de setembro de 2019 para análise química.

Todas as plantas foram medidas quanto à altura, medida do solo à gema apical e diâmetro basal, medida a aproximadamente 1 cm a partir altura do cólon da planta, com auxílio de um paquímetro digital. Durante o monitoramento do experimento, foram conduzidas nove medições de altura da planta e de diâmetro basal, sendo uma a cada duas semanas nas primeiras 20 semanas e

posteriormente, duas medidas feitas mensalmente. O tamanho da parte aérea da planta foi estimado através da fórmula:

$TP = d^2 \times h$ , onde  $d$  é o diâmetro do colón e  $h$  é a altura da parte aérea (KRAMER-WALTER e LAUGHLIN, 2017).

### 2.3 COLETA E ANÁLISES DO SOLO

Amostras do solo de cada tratamento foram obtidas mensalmente, entre setembro de 2019 a março de 2020. As amostras de solo foram compostas de quatro subamostras coletadas em diferentes potes que foram montados separadamente com os mesmos tipos de tratamentos usados no estudo especificamente para as análises químicas do solo. As coletas se iniciaram em setembro de 2019 e finalizaram em março de 2020, exceto pelo tratamento químico que iniciou em outubro e finalizou em abril devido a montagem deste tratamento ter sido um mês após aos demais. Uma coleta do solo do tratamento controle foi feita também em agosto, aqui denominada como tempo 0. As análises químicas dos solos foram enviadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal de São Carlos e conduzidas seguindo o protocolo estabelecido (Raij et al. 2001). Os parâmetros químicos incluíram: fósforo (P-resina), magnésio (Mg), cálcio (Ca) e potássio (K) utilizando-se o método de resina trocadora de ânions; o método de Walkley-Black para a matéria orgânica (M.O.); o método de Kjeldahl para o nitrogênio total (N);  $\text{CaCl}_2$  a  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  para o potencial hidrogeniônico (pH); solução tamponada de acetato de cálcio a pH 7 para acidez potencial (H+Al). O valor da capacidade de troca catiônica (CTC) foi estimada através do somatório entre a soma de bases (Mg + Ca + K) e da acidez potencial (H + Al), para a saturação de bases (V%), se dividiu a soma de bases pela CTC, e multiplicou-se por 100.

### 2.4 ANÁLISE DOS DADOS

A avaliação dos atributos químicos dos solos de cada tipo de tratamento de adubação em seis tempos diferentes foi feita através da Análise de Componente Principal (ACP). A distância euclidiana foi a utilizada para a construção da matriz triangular. Os parâmetros da análise química dos solos utilizadas foram de M.O, K, P, pH, N, V (saturação de bases) e m% (saturação de alumínio), estes transformados em logaritmo, com exceção do pH, para a normalização dos dados e homogeneização das variâncias.

Para avaliar as diferenças entre os tratamentos de adubação, em relação as propriedades químicas, foi conduzida a Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA), uma análise análoga ao modelo da ANOVA, seguido de comparações múltiplas entre os níveis de

tratamento. O modelo para a PERMANOVA foi ajustado utilizando o software PRIMER/PERMANOVA 6.0 (ANDERSON et al., 2008).

A Análise de Variância de Medidas Repetidas foi usada para avaliar o efeito do tipo de adubação na variação do tamanho das plantas para cada espécie ao longo do tempo. No caso de significância o teste de Tukey foi usado para comparações múltiplas entre os níveis de tratamento. A normalidade dos dados foi avaliada com o teste de Shapiro- Wilk e a homogeneidade das variâncias foi checada através do Teste de Levene (LEGENDRE e LEGENDRE, 2012).

Apenas as espécies *G. ulmifolia*, *P. nitens* e *C. langsdorffii* tiveram o tratamento com adubo químico incluído na Análises de Variância (ANOVA) de medidas repetidas, uma vez que as demais não germinaram neste tipo de tratamento.

### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO**

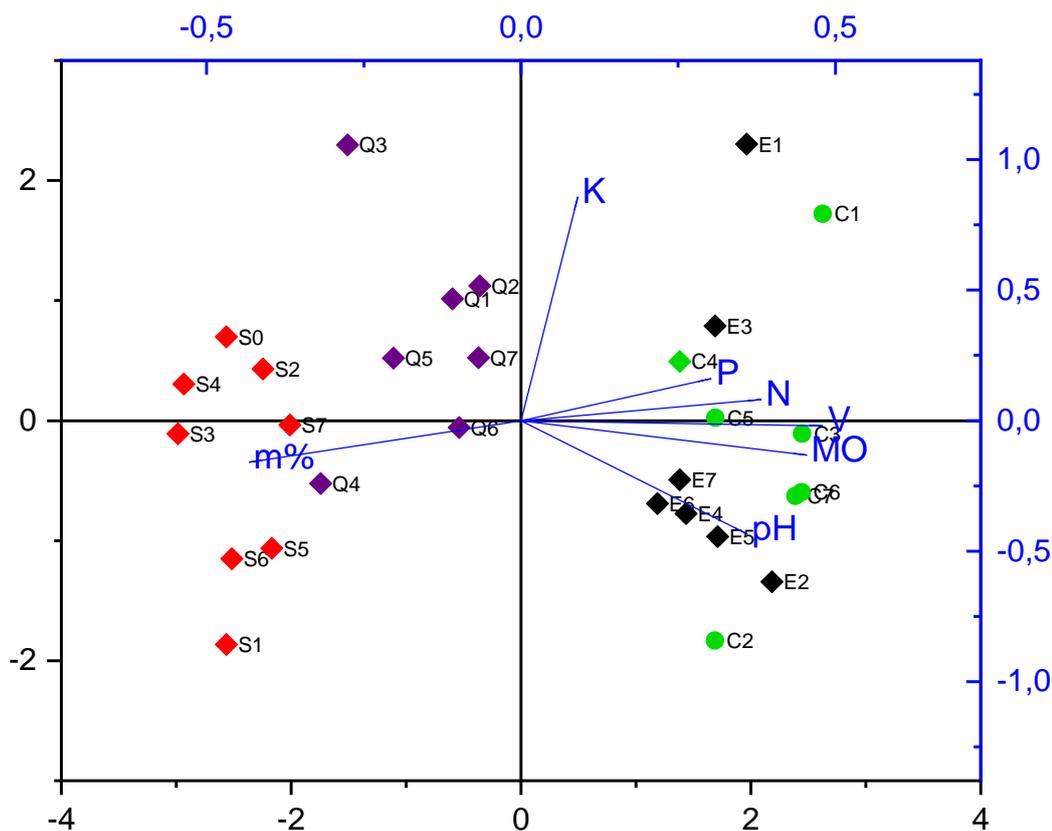
O solo de controle (S), apresentou os menores valores dos nutrientes minerais e maiores valores de m% quando comparado com os demais tratamentos, com exceção de N que alcançou maior teor que o tratamento com adubação química (Q) (Tabela 1). O solo do tratamento químico apresentou maiores teores de K e médias intermediarias entre o controle e os tratamentos de adubação orgânica (E e C) em M.O, V% e m%. A saturação de bases (V%) por ser um atributo que utiliza da capacidade de troca catiônica (CTC), está correlacionado aos valores dos elementos magnésio e cálcio, estes não presentes na Tabela 1.

**Tabela 1** – Propriedades químicas médias dos solos de potes que receberam diferentes tipos de adubação: S – solo controle; Q – adição de adubação química; C – adição de composto de restaurante e E – adição de esterco bovino. Matéria Orgânica (M.O); Nitrogênio (N); Fósforo (P); Potássio (K); potencial hidrogeniônico (pH); Saturação de Bases (V%) e Saturação de Alumínio (m%). Valores entre parênteses representam o intervalo mínimo e máximo.

Atributos químicos	Tratamentos			
	S	Q	C	E
M.O (g/dm <sup>3</sup> )	9,87 (6 – 18)	12,14 (8 – 17)	34,29 (31 – 39)	33,14 (28 – 45)
N (mg/Kg)	327,08 (95 – 713)	242,61 (191 – 324)	1000,66 (289 – 2205)	765,83 (527 – 1295)
P (mg/dm <sup>3</sup> )	16,25 (1 – 43)	145,71 (27 – 262)	79,14 (17 – 186)	174,29 (35 – 384)
K (mmol/dm <sup>3</sup> )	1,33 (0,7 – 2)	2,30 (0,8 – 5)	2,17 (0,7 – 6)	2,04 (0,7 – 6)
pH	5,79 (6 – 7)	5,77 (5 – 6)	7,04 (6 – 8)	6,8 (6 – 7)
V (%)	38,19 (33 – 44)	54,70 (44 – 61)	91,39 (97 – 94)	77,80 (72 – 83,9)
m (%)	5,8 (2,9 – 9,3)	2,15 (0,7 – 4,7)	0,12 (0,1 – 0,2)	0,38 (0,2 – 0,7)

Os dois primeiros eixos da Análise de Componente Principal (ACP) explicaram 72,8% da variação dos dados sendo que o primeiro eixo explicou 56,2% desta variação. O primeiro eixo separou os tratamentos com adição de matéria orgânica que se aproximaram dos atributos que estiveram fortemente e positivamente correlacionado com o eixo, sendo eles V% ( $r = 0,95$ ), MO ( $r = 90,2$ ), N ( $r = 0,76$ ) e pH ( $r = 0,72$ ), do controle que se aproximou da saturação de alumínio (m%), onde no eixo esteve negativamente correlacionado ( $r = -0,86$ ) (Figura 1). O segundo eixo da ACP foi positivamente correlacionado com o K ( $r = 0,92$ ) e explicou 16,5% da variação dos dados (Figura 1). O segundo eixo da ACP separou as amostras de solo feitas no início do experimento que apresentaram maiores valores de K em comparação com as amostras no final do experimento, principalmente nos tratamentos Q, C e E, sugerindo que o K diminuiu com o tempo (Figura 1).

O resultado de comparações múltiplas da PERMANOVA indicou diferenças significativas entre os tipos de adubação (Pseudo F = 13,649,  $p < 0.001$ ). Entretanto, houve a exceção dos tratamentos com composto orgânicos de restos de restaurantes e esterco bovino, que não diferiram entre si (Tabela 3). O tratamento com adubação química diferiu do controle ao longo do primeiro eixo do PCA, provavelmente devido a adição principalmente de N e de P. Por outro lado, os tratamentos que receberam adição de adubação orgânica alcançaram os maiores valores de N e P, mas também de saturação por bases devido principalmente as maiores quantidades de Ca e Mg, além de N e P contidos nestes tipos de adubo (Tabela 2).



**Figura 1.** Resultados da Análise de Componente Principal entre atributos químicos do solo e os tipos tratamentos de adubação. As propriedades químicas dos solos estão representadas pelos vetores: Matéria Orgânica (M.O); Nitrogênio (N); Fósforo (P); Potássio (K); potencial hidrogeniônico (pH); Saturação de Bases (V) e Saturação de Alumínio (m%). A representação dos tratamentos é dada por: em preto o Esterco (E), em verde o Composto de Resto de Restaurantes (C); em roxo a Adubação Química (Q) e em vermelho o Controle com Solo de Aterro (S). A numeração acompanhando os tratamentos representa o mês de coleta da amostra de solo para análise, com o número 0 representando agosto (apenas o controle teve coleta de amostra no tempo 0) e continuando respectivamente até março.

**Tabela 2:** Resultados dos testes pareados (PERMANOVA) entre os tratamentos.

Grupo	t	P(perm)
S, C	48.765	0.0003
S, E	44.961	0.0002
S, Q	27.065	0.0001
C, E	10.197	0.3724
C, Q	39.398	0.0007
E, Q	33.102	0.0006

### 3.2 CRESCIMENTO DAS PLANTAS

O tamanho dos indivíduos aumentou ao longo do tempo e variou entre as espécies e entre os tratamentos (Tabela 3, Figura 2). Todas as espécies tiveram um maior crescimento quando plantadas em algum tipo de adubação quando comparadas com as plantas cultivadas no solo controle.

Os indivíduos de *G. ulmifolia* alcançaram nas adubações orgânicas, esterco bovino (E) e composto de resto de restaurante (C), os maiores tamanhos entre os tratamentos (Tabela 3, Figura 2). Além disto, as plantas desta espécie foram as que mais cresceram quando comparadas às plantas das outras espécies, sendo condizente por se tratar da única planta do estudo que é classificada como de crescimento rápido e categorizada como pioneira ou secundária inicial (Figura 2). No entanto, este mesmo padrão de crescimento não foi observado quando *G. ulmifolia* quando cultivada nos potes dos tratamentos controle (S) e adubação química (Q), apesar desta última ter tido um crescimento intermediário entre as adubações orgânicas e o controle (Figura 2). O tratamento de adição de composto de restaurante, foi o que apresentou plantas com a maior média de tamanho ao fim do experimento, mas desde o início do desenvolvimento das plantas não se diferenciou significativamente do tratamento de adição de esterco bovino. A *P. nitens* apresentou as mesmas respostas aos tipos de adubação, mas com tamanhos menores (Figura 2), por possivelmente ser uma espécie classificada como de crescimento de lento a moderado, mas que ainda assim é classificada como secundária inicial.

Os indivíduos da espécie *C. langsdorffii*, obtiveram um crescimento similar entre os tratamentos na maioria do tempo. A exceção ficou com o esterco, que diferiu dos demais tratamentos de adubação química e controle ao final do experimento (Tabela 3, Figura 2). É perceptível o pequeno tamanho dos indivíduos quando comparada às outras espécies, por se tratar de uma espécie de crescimento lento e de categoria sucessional secundária tardia a clímax. O diferencial da *C. langsdorffii* com as duas espécies anteriores se deve apenas ao esterco ter conseguido um crescimento mais expressivo comparando ao composto de restos de restaurantes, que não se diferenciou da adubação química e controle (Tabela 3, Figura 2).

*P. dubium* é uma espécie pioneira, e apresentou um crescimento lento inicialmente, mas que cresceu acentuadamente com esterco bovino a partir da décima semana. No tratamento com composto de restaurante, o crescimento foi intermediário e no controle a espécie apresentou valores baixos de crescimento até o final do experimento. Ao fim do estudo, o esterco foi o tratamento de adubação com os maiores tamanhos de plantas para a *P. dubium*, mais que o dobro quando comparado ao composto de restaurante. Todos os tratamentos no final haviam se diferenciados significativamente entre si (Tabela 3, Figura 2).

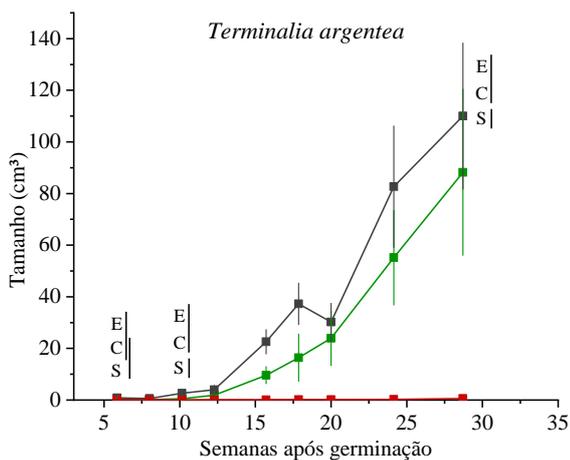
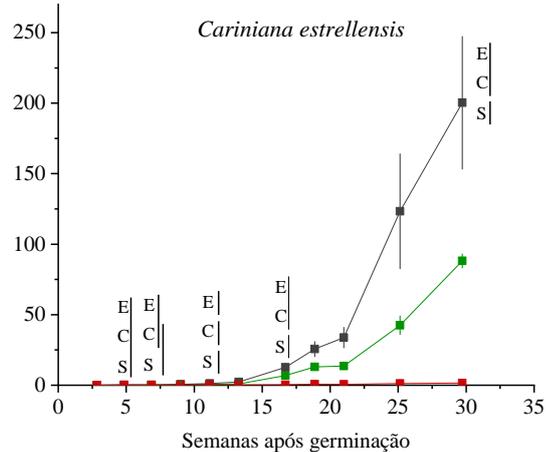
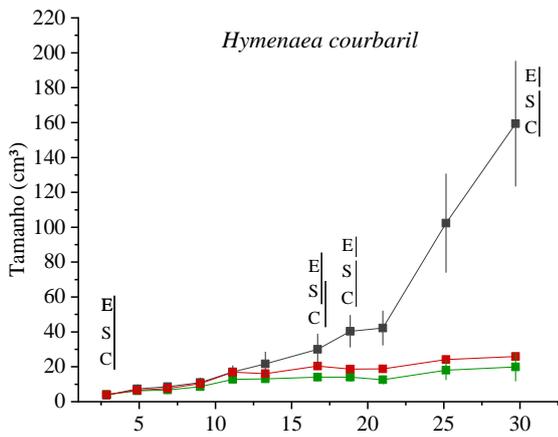
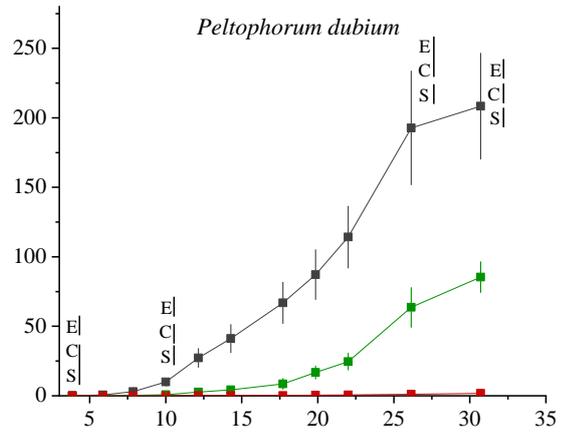
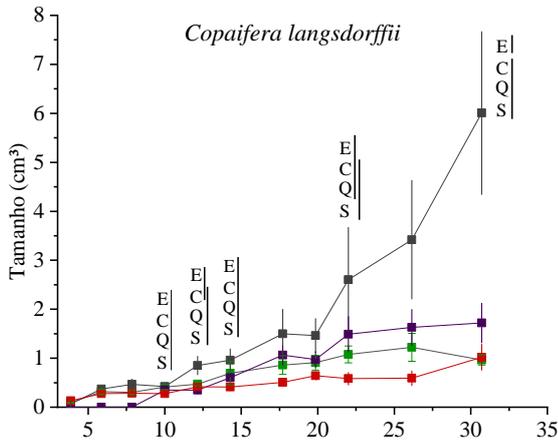
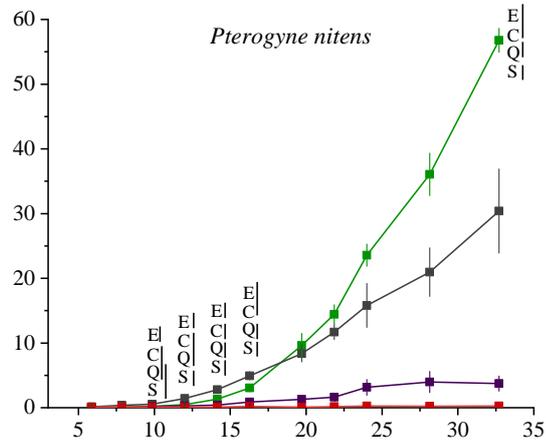
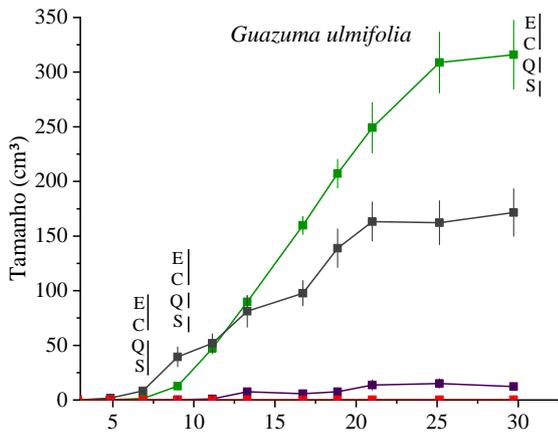
Apesar de possuir um crescimento lento a moderado e ser categorizada como secundária tardia, *H. courbaril* desenvolveu-se com um crescimento e tamanho similar às das outras espécies, mesmo as pioneiras ou de crescimento rápido. Esta foi a única espécie em que o tamanho das plantas no tratamento com composto de restaurante não diferiu do controle. O esterco iniciou com crescimento similar aos demais tratamentos, se diferenciando primeiro do tratamento composto de restaurante após a décima sétima semana (Tabela 3, Figura 2).

O tamanho final dos indivíduos de *C. estrellensis* foi similar entre os tratamentos esterco bovino e composto de restaurante, mas que diferiu do controle (Tabela 3, Figura 2). Mesmo sendo categorizada como de sucessão secundária tardia a clímax, seu crescimento é classificado como moderado a rápido e alcançou tamanhos similares as demais espécies neste estágio de desenvolvimento (Tabela 3, Figura 2).

Apesar de *T. argentea* ser classificada como espécie pioneira, seu crescimento é considerado lento e alcançou tamanhos intermediários quando comparadas as outras plantas. Nos tratamentos com adição de matéria orgânica alcançou os maiores tamanhos, quando comparadas ao controle, mas não detectamos diferenças significativas entre esterco e composto (Tabela 3, Figura 2).

**Tabela 3** – Resultados da Análise de Variância de Medidas Repetidas do tamanho de sete espécies arbóreas cultivadas em solo de aterro (controle), adição de restos de restaurante e adição de esterco bovino. As espécies com asterisco (\*) foram cultivadas também em solo com adição de adubo químico (NPK).

Espécies	Entre Objetos	Dentro de Objetos	
	Tratamento	Tempo	Tempo X Tratamento
<i>Guazuma ulmifolia</i> *	$F = 95.421 (<0.001)$	$F = 21.5517 (<0.001)$	$F = 11.079 (<0.001)$
<i>Pterogyne nitens</i> *	$F = 125.930 (<0.001)$	$F = 438.592 (<0.001)$	$F = 42.125 (<0.001)$
<i>Copaifera langsdorffii</i> *	$F = 4.786 (0.017)$	$F = 42.041 (<0.001)$	$F = 3.482 (<0.001)$
<i>Peltophorum dubium</i>	$F = 49.713 (<0.001)$	$F = 350.382 (<0.001)$	$F = 22.805 (<0.001)$
<i>Hymenaea courbaril</i>	$F = 6.547 (0.013)$	$F = 155650 (<0.001)$	$F = 14.990 (<0.001)$
<i>Cariniana estrellensis</i>	$F = 43.712 (<0.001)$	$F = 250.967 (<0.001)$	$F = 17.031 (<0.001)$
<i>Terminalia argentea</i>	$F = 87.095 (<0.001)$	$F = 94.881 (<0.001)$	$F = 15.620 (<0.001)$



**Figura 2:** Relação entre o tamanho médio da espécie (cm<sup>3</sup>) com as semanas após a germinação. Os tratamentos estão representados por: verde - composto orgânico; preto - esterco bovino; roxo - adubo químico e vermelho - solo de aterro. Onde ocorrem mudanças significativas no tamanho das plantas entre os tipos tratamentos está representado pelas barras com as siglas dos tratamentos. Tratamentos com barras ligadas representam diferenças não significativas

## 4 DISCUSSÃO

Os tratamentos com adubação orgânica apresentaram indivíduos com os maiores tamanhos. Nas espécies *C. langsdorffii*, *P. dubium* e *H. courbaril*, as plantas cresceram mais rapidamente no tratamento com esterco bovino, quando comparado com o composto de restaurante. O tratamento de adubação química teve um efeito intermediário entre os tratamentos que receberam adição de matéria orgânica e o tratamento controle nas espécies *G. ulmifolia*, *P. nitens* e *C. langsdorffii*. Há evidências de diferenças entre a adubação química e a adubação orgânica, uma delas sugere que a matéria orgânica libera mais lentamente os nutrientes para serem absorvidas pelas plantas (BRANDY e WELL, 2013), ocasionando uma reserva de nutriente por um período maior do que a adubação química, a qual disponibiliza mais rapidamente os nutrientes no solo, podendo haver mais perda de nutrientes por lixiviação quando comparada com compostos orgânicos. Tais diferenças podem influenciar o comportamento de crescimentos das plantas, podendo assim explicar a diferença de tamanho dos indivíduos.

A decomposição da matéria orgânica no solo resulta no aumento dos níveis de pH e transforma compostos orgânicos em inorgânicos por meio do processo de mineralização, o qual é uma importante fonte de N e P. A mineralização da matéria orgânica é capaz de elevar os níveis de carbono orgânico, cálcio e magnésio (BRADY e WEIL, 2013; AULER et al. 2020; MUSTAFA et al. 2020). O processo de decomposição também é capaz de diminuir a toxicidade por íons de alumínio, transformando os cátions de alumínio em compostos não tóxicos (BRANDY e WELL, 2013). Este processo na redução da toxicidade de alumínio relaciona-se aos maiores valores de m% nos tratamentos sem adição de matéria orgânica, a adubação química e o controle, evidenciado pela proximidade destes dois tratamentos ao parâmetro de m% na Análise de Componente Principal (Figura 1).

Ao longo do experimento, todos os atributos variaram de valor em todos os tratamentos, há de ressaltar a grande diminuição dos valores de K, que ao final do experimento estiveram próximos a zero (Tabela 1). A diminuição de K ao longo do tempo era esperada, uma vez que este elemento além de ser absorvido pelas plantas, também é suscetível a lixiviação, transcorrendo sua perda ou transporte no solo através da água (BRANDY e WELL, 2013).

A matéria orgânica propicia ao solo, a longo prazo, um aumento na quantidade e tamanhos de agregados do solo, principalmente macro agregados, fundamentais para a formação, degradação e estabilidade na estrutural do solo (AULER et al. 2020; MUSTAFA et al. 2020). Também melhora as propriedades físicas do solo, como na retenção de água e aumento na porosidade (BRADY e WEIL, 2013; PAUL 2014; AULER et al. 2020). No estudo tais mudanças nos atributos físicos do solo não influenciaram no crescimento das plantas, dado que para a montagem do experimento foi peneirado

a solo a ser usado nos tratamentos, resultado na completa desestruturação do solo em relação a seus agregados.

Entre os parâmetros químicos estabelecidos destaca-se N e P, que são nutrientes importantes para os desenvolvimentos das plantas e grandes limitadores quando em baixa quantidade no ambiente (ELSER, 2017; WRIGHT, 2019). Entretanto não parece que apenas estes elementos tenham influenciado o crescimento das espécies. Observamos que em média a adubação química resultou em plantas de tamanhos intermediários, mas a quantidade de N também era menor quando comparada aos potes que receberam adubação orgânica. Na Tabela 1, é constatado que a adubação química, deteve valores de concentração de P abaixo apenas do esterco bovino, entretanto maiores do que o tratamento com composto de restos de restaurantes, todavia os indivíduos sob adubação química não obtiveram tamanhos médio superiores dos sob adubação com composto.

A maioria dos estudos no Brasil tem focado no sucesso de estabelecimento de espécies arbóreas reintroduzidas, mas pouco estudos avaliam a influencia do manejo prévio do solo no desempenho das plantas (COSTA et al., 2010; SUGANUMA et al. 2014; SUGANUMA e DURIGAN, 2015). O preparo prévio do solo como através da adição de algum tipo de adubo, traz consigo diversos benefícios, como o aumento de nutrientes essenciais a exemplo de N, P e K, além de outros atributos como pH que auxiliarão no crescimento dos indivíduos fazendo com que resistam melhor aos períodos de seco e/ou de perturbações. Para se alcançar uma alta taxa de sucesso em uma restauração florestal, se faz necessário mais do que apenas o plantio de espécies nativas. É preciso compreender as necessidades e características das espécies reintroduzidas para se alcançar uma alta probabilidade de estabelecimento.

Qualquer tipo de adubação, a exemplo da adição de matéria orgânica, nas covas onde serão postas as mudas para o plantio ou no processo de produção das mudas com sua inserção no campo junto as plantas, é um exemplo de ação de manejo de solo que pode aumentar o crescimento das plantas e suas chances de estabelecimento.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A adubação orgânica se mostrou eficiente para o sucesso no crescimento inicial das espécies *G. ulmifolia*, *P. nitens*, *T. argentea*, *C. estrellensis*, *C. langsdorffii*, *P. Dubium* e *H. courbaril*, principalmente quando adubadas por esterco bovino. Estes resultados sugerem que algum tipo de adubação orgânica deve ser uma excelente ferramenta para a restauração florestal, entretanto, os agentes responsáveis pela restauração devem conhecer as espécies que pretendem utilizar e como respondem as formas de adubação, para que otimizem ao máximo as chances de crescimento e sobrevivências das plantas. Cada tipo de adubação apresentou valores de atributos químicos

diferentes no solo. Apesar dos tratamentos com esterco bovino e composto de restos de restaurantes não terem apresentado diferença significativa entre eles, mas se diferenciando do tratamento de adubação química e o controle, não foram todas as espécies que apresentaram padrões de crescimentos exatamente semelhantes, com cada uma delas apresentando respostas diferentes por terem características diversas. Por conta isto, mais estudos como esse se fazem necessários, com outras espécies nativas, mas também com tipos diferentes de tratamentos de adubação

## 6 REFERÊNCIAS

- ALLAN, J. D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, v. 35, p. 257-284, 2004.
- AN, S., ZHENG, F., ZHANG, F., VAN PELT, S., HAMER, U., MAKESCHIN, F., 2008. Soil quality degradation processes along a deforestation chronosequence in the Ziwuling area, China. *Catena*. 75, 248-256.
- Anderson, M. J. Gorley, R. N. e Clarke, k. R. *Permanova for primer: guide to software and statistical methods*. Plymouth: Primer–e Ltd. 2008
- ANDRADE, B. O. et al. Intraspecific trait variation and allocation strategies of calcareous grassland species: results from a restoration experiment. *basic and applied Ecology*, v. 15, n. 7, p. 590-598, 2014.
- AULER, André C. et al. Improvement on soil structure and water retention after application of industrial organic waste as a crop fertilizer. *Journal of Soils and Sediments*, p. 1-13, 2020.
- BALSAN, R., 2006. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. *Campo-território: revista de geografia agrária*. 1, 123-151.
- BRADY, N. C., WEIL R. *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. Bookman Editora, v.3, p. 398-435, 2013.
- CARVALHO, P.E.R., 2003. *Espécies Arbóreas Brasileiras*, vol 1. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília-DF.
- CARVALHO, P.E.R., 2006. *Espécies Arbóreas Brasileiras*, vol 2. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília-DF.
- CARVALHO, P.E.R., 2010. *Espécies Arbóreas Brasileiras*, vol 4. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília-DF.

- CLEVELAND, C. C. et al. Relationships among net primary productivity, nutrients and climate in tropical rain forest: a pantropical analysis. *Ecology Letters*, v. 14, n. 9, p. 939-947, 2011.
- COSTA, L. C. B. et al. Efeito da adubação química e orgânica na produção de biomassa e óleo essencial em capim-limão [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.]. *Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu*, v.10, n.1, p.1.-20, 2008.
- COSTA, M. P. et al. Avaliação do processo de reabilitação de um trecho de floresta ciliar na bacia do rio itapemirim-es. *Rev. Árvore*, vol.34, n.5, pp.834-851. 2010.
- EHLERINGER, J.R., Sandquist, D.R., 2006. Ecophysiological constraints on plant responses in a restoration setting, in: Falk, D. A., Palmer M., Zedler, J. B. (eds), *Foundations of Restoration Ecology*. Island Press, New York, pp 42–58.
- ELSER, James J. et al. Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ecology letters*, v. 10, n. 12, p. 1135-1142, 2007.
- FUJITA, Y.; VAN BODEGOM, P. M.; WITTE, J. M. Relationships between nutrient-related plant traits and combinations of soil N and P fertility measures. *PloS one*, v. 8, n. 12, p. e83735, 2013.
- GUNARATNE, A. M. T. A. et al. Overcoming ecological barriers to tropical lower montane forest succession on anthropogenic grasslands: Synthesis and future prospects. *Forest Ecology and Management*, v. 329, p. 340-350, 2014.
- HALL, J.S., ASHTON, M.S., Garen, E.J., Jose, S., 2011. The ecology and ecosystem services of native trees: implications for reforestation and land restoration in Mesoamerica. *Forest Ecology and Management*. 261, 1553–1557.
- HOBBS, R.J., NORTON, D.A., 2004. Ecological filters, thresholds and gradients in resistance to ecosystem reassembly, in: Temperton, V., Hobbs, R.J., Halle, R.J., Fattorini, M. (eds), *Assembly rules and ecosystem restoration*. Island Press, Washington, pp. 72–95.
- HOLL, Karen D. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotropica*, v. 31, n. 2, p. 229-242, 1999.
- KHURANA, E., SINGH, J.S., 2001. Ecology of tree seed and seedlings: implications for tropical forest conservation and restoration. *Current Science*. 80, 748-757.

- KICHENIN, E. et al. Contrasting effects of plant inter and intraspecific variation on community level trait measures along an environmental gradient. *Functional Ecology*, v. 27, n. 5, p. 1254-1261, 2013.
- KRAMER-WALTER, Kris R.; LAUGHLIN, Daniel C.. Root nutrient concentration and biomass allocation are more plastic than morphological traits in response to nutrient limitation. *Plant and Soil*, 416, 539-550.
- KONONOVA, MaM. Soil organic matter: Its nature, its role in soil formation and in soil fertility. Elsevier, 2013.
- LEGENDRE, P; LEGENDRE, L. Numerical Ecology. 3. ed. New York: Elsevier, 2012
- LARSON, J.E., SHELEY, R.L., HARDEGREE, S.P., DOESCHER, P.S., James, J.J., 2015. Seed and seedling traits affecting critical life stage transitions and recruitment outcomes in dryland grasses. *Journal of applied ecology*. 52, 199-209.
- LIU, X. et al. Covariation in plant functional traits and soil fertility within two species-rich forests. *PLoS one*, v. 7, n. 4, p. 34-767, 2012.
- LONGO, R. M. RIBEIRO, A. I. MELO, W. J. D. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da desidrogenase. *Bragantia*, 70 (1), 132-138. 2011.
- LORENZI, H., 2002. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, 4 ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa.
- LÜ, X. T. et al. Plasticity in leaf and stem nutrient resorption proficiency potentially reinforces plant–soil feedbacks and microscale heterogeneity in a semiarid grassland. *Journal of Ecology*, v. 100, n. 1, p. 144-150, 2012.
- MERRITT, D. M. et al. Theory, methods and tools for determining environmental flows for riparian vegetation: riparian vegetation-flow response guilds. *Freshwater Biology*, v. 55, n. 1, p. 206-225, 2010.
- MUSTAFA, Adnan et al. Soil aggregation and soil aggregate stability regulate organic carbon and nitrogen storage in a red soil of southern China. *Journal of Environmental Management*, v. 270, p. 110894, 2020.

- NEPSTAD, D. C. et al. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. *Oikos*, p. 25-39, 1996.
- NICOTRA, A. B. et al. Plant phenotypic plasticity in a changing climate. *Trends in Plant Science*, v. 15, n. 12, p. 684-692, 2010.
- NUNES, F. p.; PINTO, M. T. C.; Decomposição do folhedo em reflorestamento ciliar na bacia hidrográfica do rio São Francisco, Minas Gerais. *Cerne*, v. 18, n. 3, 2012.
- PAUL, E. A. *Soil microbiology, ecology and biochemistry*. Academic Press, 2014.
- PEREIRA, S. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. L. T. Establishment of Fabaceae tree species in a tropical pasture: influence of seed size and weeding methods. *Restoration Ecology*, v. 21, n. 1, p. 67-74, 2013.
- RAIJ, B. Van; Andrade, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (ed.). *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 285p.2001.
- RAMÍREZ, A.; PRINGLE, C. M.; WANTZEN, K. M. Tropical stream conservation. In: *Tropical stream ecology*. 2008. p. 285-304.
- SCALOPPI, J. C. Influência do solo e do tamanho de semente no crescimento e sobrevivência de nove espécies arbóreas tropicais em área ripária degradada. 2018. 50 p. Tese (Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, São Carlos, 2017.
- SOAR, C. J.; LOVEYS, B. R. The effect of changing patterns in soil-moisture availability on grapevine root distribution, and viticultural implications for converting full-cover irrigation into a point-source irrigation system. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, v. 13, n. 1, p. 2-13, 2007.
- SOUZA, C. A. M. et all. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.16, n.13, p. 243-249, 2006.
- STEWART, J. S. et al. Influences of watershed, riparian-corridor, and reach-scale characteristics on aquatic biota in agricultural watersheds. *Jawra Journal of the American Water Resources Association*, v. 37, n. 6, p. 1475-1487, 2001.
- SUDING, K.N., GROSS, K.L., HOUSEMAN, G.R., 2004. Alternative states and positive feedbacks in restoration ecology. *Trends in Ecology & Evolution*. 19, 46-53.

- SUGANUMA, M. S.; TOREZAN, J. M. D. Evolução dos processos ecossistêmicos em reflorestamentos da Floresta Estacional Semidecídua. *Hoehnea*, v. 40, p. 557-565, 2013.
- SUGANUMA, M. S.; ASSIS, G. B.; DURIGAN, G. Changes in plant species composition and functional traits along the successional trajectory of a restored patch of atlantic forest. *Community Ecology*, v. 15, n. 1, p. 27-36, 2014.
- SUGANUMA, Marcio S.; DURIGAN, Giselda. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. *Restoration Ecology*, v. 23, n. 3, p. 238-251, 2015.
- TRAN, C. P. et al. Land-use proximity as a basis for assessing stream water quality in New York State (USA). *Ecological Indicators*, v. 10, n. 3, p. 727-733, 2010.
- VIANI, R. AG et al. Soil pH accounts for differences in species distribution and leaf nutrient concentrations of Brazilian woodland savannah and seasonally dry forest species. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics*, v. 16, n. 2, p. 64-74, 2014.
- VILAS BÔAS, R.; BOTELHO, S. A.; MELLO, JM de. Restoration success: secondary forests at the margin of the hydroelectric reservoir (Minas Gerais State, Brazil). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Amman*, v. 8, n. 13, p. 153-160, 2014.
- WRIGHT, S. Joseph. Plant responses to nutrient addition experiments conducted in tropical forests. *Ecological Monographs*, v. 89, n. 4, p. e01382, 2019.
- ZANETTI, C. et al. Plasticity of tree root system structure in contrasting soil materials and environmental conditions. *Plant and soil*, v. 387, n. 1-2, p. 21-35, 2015.