

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CAMPUS SOROCABA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO  
AMBIENTAL

LUCAS FLORÊNCIO MARIANO

**PROCESSOS DE CICLAGEM DE NUTRIENTES EM DIFERENTES MODELOS DE  
RESTAURAÇÃO.**

Sorocaba  
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CAMPUS SOROCABA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO  
AMBIENTAL

LUCAS FLORÊNCIO MARIANO

**PROCESSOS DE CICLAGEM DE NUTRIENTES EM DIFERENTES MODELOS DE  
RESTAURAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental.

Orientação: Profa. Dra. Fátima Conceição Márquez Piña-Rodrigues

Coorientação: Profa. Dra. Francisca Alcivânia de Melo Silva

Sorocaba  
2021

Florêncio Mariano, Lucas

Processos de ciclagem de nutrientes em diferentes  
modelos de restauração / Lucas Florêncio Mariano --  
2021.  
43f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São  
Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): Fátima Conceição Márquez Piña-  
Rodrigues

Banca Examinadora: Francisca Alcivânia de Melo Silva,  
Fernanda Cristina dos Santos Tibério, José Mauro  
Santana da Silva

Bibliografia

1. Ciclagem de nutrientes. 2. Restauração florestal. I.  
Florêncio Mariano, Lucas. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -  
CRB/8 6979



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade  
Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental

---

### Folha de Aprovação

---

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Lucas Florencio Mariano, realizada em 28/04/2021.

#### Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Francieca Alcivania de Melo Silva (UNESP)

Prof. Dr. Jose Mauro Santana da Silva (UFSCar)

Profa. Dra. Fernanda Cristina dos Santos Tibério (IFSP)

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

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental.

## **DEDICATÓRIA**

*A Jesus (por tudo),  
Renata (pela base), Eloah (pela força)  
Amauri e Mary (pela educação, respeito e trabalho)  
Minhas irmãs e tias (pelo exemplo)  
Mariene (in memoriam)*

## AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus pelo cuidado, por ter me guardado em todas as viagens Registro-Sorocaba-Itu e pelo entusiasmo gerado em mim, sem a qual não conseguiria vencer as etapas desse desafio.

Agradeço a professora Fátima, que de uma forma muito humana e compreensiva me orientou. A professora Alcivânia, pela coorientação, pelos incentivos e por estar ao meu lado. Obrigado por acreditarem no meu trabalho.

Aos professores, funcionários e colegas da UFSCAR campus Sorocaba e ao programa PPGSGA, pela estrutura, conhecimento e trocas de experiências que levarei para minha vida. A Sandra, sempre muito colaborativa, me auxiliando nas dúvidas durante esse processo.

A UNESP Registro-SP pela concessão dos afastamentos, do suporte de laboratórios, LAFEN, sala de estudo e por ser meu trabalho, no qual tenho muito orgulho de pertencer. Aos colegas da Unesp Registro/SP por me incentivarem a buscar o aperfeiçoamento.

Ao grupo do LASEM, em especial a Glória Leão e o Lucas Fiorreli, parceiros de trabalhos, de orientação, conversas e de muita coleta no campo.

A SOS Mata Atlântica, por fornecer toda a estrutura, cessão da área experimental e segurança para que pudesse desenvolver de uma forma excelente as coletas de dados, em especial a Aretha e a Ana, que sempre foram muito prestativas quando precisei.

## RESUMO

MARIANO, Lucas Florêncio. Processos de ciclagem de nutrientes em diferentes modelos de restauração. 2021. 42 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2021.

Uma vez considerada a crescente demanda por restauração florestal e a busca por modelos de restauração que reabilitem as funcionalidades da ciclagem de nutrientes, o presente estudo tem como objetivo avaliar o aporte, os nutrientes e a decomposição da serapilheira em diferentes espaçamentos e proporção por grupo sucessional. A área experimental foi instalada em 2012 empregando-se o delineamento experimental fatorial parcial com três blocos ao acaso e 10 tratamentos com diferentes espaçamentos sendo eles :1 x 0,3 m; 1 x 1 m; 2 x 1 m e 3 x 2 m e as proporções de grupos sucessionais por espécies pioneiras (P) e não pioneiras (NP). As coletas de serapilheira foram realizadas no período de 2018 e 2019, utilizando coletores circulares suspensos a 1,20 m de altura. Após o fracionamento e quantificação da serapilheira coletada, foi utilizado a fração folhas dos meses do ano de 2019 para determinação dos teores de nutrientes. Para avaliação da decomposição foram montados *litterbags* com um mix de, no máximo 10 gramas de folhas secas, instalados em julho de 2019 e distribuídos na proporção de três por tratamento em cada bloco pelo período de 6 meses e coletado mensalmente. Os resultados para 6 e 7 anos após a realização do plantio, apresentaram o espaçamento como o tratamento mais significativo para aporte de serapilheira, sendo o 1 x 0,3 m o que apresentou os maiores valores, 8244 Kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> no sexto e 9131 Kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> no sétimo ano. O teor de N, Ca e Mg apresentou alteração entre os espaçamentos e o teor de Ca foi o único elemento que apresentou alterações para proporção por grupo sucessional. O aporte de nutrientes seguiu a direção dos resultados do aporte da serapilheira com exceção do P e K. A acumulação dos nutrientes seguiu a ordem N>Ca>K>Mg>S>P. A decomposição de serapilheira não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos, sendo a maior constante K e o menor tempo de meia vida para 80NP20P (K= 0,0027 e T ½ = 265 dias) e para o 1 x 1 m (K= 0,0029 e T ½ = 248 dias). O processo de decomposição nos tratamentos foi influenciado pelo microclima, sendo a temperatura mínima que apresentou maior associação com a decomposição. A análise ordenamento revelou que os grupos formados pelos menores espaçamentos apresentaram maior evidência em função do aporte de nutrientes e retorno para o sistema, mostrando a rápida recuperação das funcionalidades do solo no início do processo de sucessão florestal.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes. Restauração. Decomposição. Serapilheira.

## ABSTRACT

Once considering the growing demand for forest restoration and the search for restoration models that rehabilitate the functionalities of nutrient cycling, this study aims to evaluate the contribution, nutrients and litter decomposition in different spacing and proportion per successional group. The experimental area was installed in 2012 using a partial factorial experimental design with three randomized blocks and 10 treatments with different spacing being: 1 x 0.3 m; 1 x 1 m; 2 x 1 m and 3 x 2 m and the proportions of successional groups by pioneer (P) and non-pioneer (NP) species. Litter collections were carried out between 2018 and 2019, using circular collectors suspended at a height of 1.20 m. After fractionation and quantification of the litter collected, the fraction leaves from the months of the year 2019 was used to determine the nutrient contents. To evaluate the decomposition, litterbags were assembled with a mix of a maximum of 10 grams of dry leaves, installed in July 2019 and distributed in the proportion of three per treatment in each block for a period of 6 months and collected monthly. The results for 6 and 7 years after planting, showed spacing as the most significant treatment for litter input, with 1 x 0.3 m showing the highest values, 8244 Kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> in the sixth and 9131 kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> in the seventh year. The content of N, Ca and Mg showed changes between spacings and the content of Ca was the only element that showed changes in proportion by successional group. Nutrient input followed the direction of litter input results, with the exception of P and K. Nutrient accumulation followed the order N>Ca>K>Mg>S>P. Litter decomposition did not show statistical differences between treatments, with the largest constant K and the shortest half-life for 80NP20P (K=0.0027 and T<sub>1/2</sub> = 265 days) and for 1 x 1 m (K= 0 .0029 and T<sub>1/2</sub> = 248 days). The decomposition process in the treatments was influenced by the microclimate, with the minimum temperature showing the greatest association with decomposition. The ordering analysis revealed that the groups formed by the smallest spacings showed greater evidence in function of the nutrient input and return to the system, showing the rapid recovery of soil functionalities at the beginning of the forest succession process.

Keywords: Nutrient cycling. Restoration. Decomposition. Litter.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa da propriedade e localização da área de estudo (polígono vermelho) em Itu, SP. Coordenadas: 23°14'15.18"S e 47°24'3.29"O. ....	13
Figura 2 Coletores circulares suspensos a 1,2 m de altura utilizado para coletar serapilheira durante o período estudo.....	16
Figura 3 Média mensal de precipitação e temperatura nos anos de 2018 – 2020 no município de Itu, São Paulo, Brasil. ....	18
Figura 4 Box-plots representando a dispersão dos dados de aporte médio anual de serrapilheira, distribuição das medianas das variáveis e os resultados do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para os espaçamentos e a proporção por grupo sucessional ao longo dos meses de fevereiro a dezembro de 2018 em Itu, São Paulo, Brasil. ....	21
Figura 5 Box-plots representando a dispersão dos dados de aporte médio anual de serrapilheira, distribuição das medianas das variáveis e os resultados do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para os espaçamentos e a proporção por grupo sucessional ao longo dos meses de fevereiro a dezembro de 2019 em Itu, São Paulo, Brasil. ....	22
Figura 6 Variação da perda de massa (g) da serapilheira ao longo dos meses de avaliação (7 meses) no ano de 2019 dos diferentes tratamentos de espaçamentos na área experimental em Itu, São Paulo, Brasil. ....	27
Figura 7 Gráficos de ordenação de Análise de Componentes Principais (PCA) com diferentes modelos de restauração, espaçamentos e proporção por grupo sucessional da área experimental em Itu, São Paulo, Brasil. ....	30

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Descrição dos modelos de restauração de áreas degradadas e dos tratamentos implantados na área de estudo situada em Itu, São Paulo, Brasil. Plantio em março de 2012.	14
TABELA 2 Parâmetros comparativos do plantio em (2012) ao inventário de campo (2017) para os tratamentos da área experimental em Itu, São Paulo, Brasil.	14
TABELA 3: Características químicas do solo dos diferentes modelos de restauração implantados em área experimental situada em Itu, São Paulo, Brasil.	15
TABELA 4: Distribuição granulométrica e classificação textural em área experimental situada em Itu, São Paulo, Brasil.	15
TABELA 5: Dimensões (m) e áreas (m <sup>2</sup> ) das parcelas de cada bloco (n= 3) e número e área amostral por bloco e total de coletores de serapilheira por tratamento na área experimental em Itu, São Paulo, Brasil.	16
TABELA 6: Aporte médio anual de serapilheira e suas frações (Kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) nos diferentes modelos de restauração na área experimental durante os anos de 2018 e 2019, em Itu, São Paulo, Brasil. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey (p < 0,05) para cada ano de plantio e modelos testados.	22
TABELA 7: Produção de serapilheira em Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> em diferentes sistemas de plantio, florestas naturais e locais de estudo. FES= Floresta Estacional Semidecidual.	23
TABELA 8: Teores (g/kg <sup>-1</sup> ) e aporte (Kg/ha <sup>-1</sup> ) de nutrientes nos diferentes modelos de restauração na área experimental durante o ano de 2019, em Itu, São Paulo, Brasil. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey (p < 0,05) para cada ano de plantio e modelos testados.	24
TABELA 9: Aporte de nutrientes em kg ha <sup>-1</sup> de diferentes idades em estudos de restauração e vegetação primária. F.E.S.= Floresta Estacional Semidecidual.	25
TABELA 10: Constante de decomposição (K) e tempo de meia vida (t <sub>1/2</sub> ) da serapilheira no último mês (180 dias) de avaliação nos diferentes modelos de restauração na área experimental em Itu, São Paulo, Brasil. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey (p < 0,05).	27
TABELA 11: Valores do coeficiente de correlação de Spearman para a perda de massa mensal versus variáveis climáticas pluviosidade, temperatura média, máxima e mínima referente ao mês de coleta e ao mês anterior, durante o período de retirada dos <i>litterbags</i> na área experimental em Itu, SP.	28
TABELA 12: Resultados de constante k (g g dia <sup>-1</sup> ) e tempo de meia vida (dias) de estudos em floresta estacional semidecidual.	28

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ca – Cálcio  
CaCl<sub>2</sub> – Cloreto de cálcio  
°C – Graus Celsius  
cm – Centímetro (s)  
dm – Decímetro(s)  
dm<sup>3</sup> – Decímetro(s) cúbico (s)  
F.E.S – Floresta Estacional Semidecidual  
g – Grama (s)  
GLM – Modelo geral linear  
ha – Hectare  
K – Potássio  
Kg – Quilograma (s)  
l – Litro (s)  
LAFEN – Laboratório de Fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas  
m – Metro(s)  
mm – Milímetros (s)  
m<sup>2</sup> - Metro (s) quadrado (s)  
mg – Miligrama(s)  
Mg – Magnésio  
ml – Mililitro (s)  
mmol<sub>c</sub> – Milimol de carga  
P – Fósforo  
PCA – Análise de componentes principais  
S – Enxofre  
T<sub>1/2</sub> – Tempo de meia vida  
UFSCar – Universidade Federal de São Carlos  
UNESP – Universidade Estadual Paulista

## Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	METODOLOGIA.....	13
2.1	<b>Área de estudo</b> .....	13
2.2	<b>Aporte de serapilheira</b> .....	15
2.3	<b>Análise de nutrientes</b> .....	17
2.4	<b>Decomposição</b> .....	17
2.5	<b>Análises de dados</b> .....	18
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
3.1	<b>Aporte de serapilheira</b> .....	20
3.2	<b>Nutrientes</b> .....	23
3.3	<b>Decomposição</b> .....	26
3.4	<b>Ordenação dos tratamentos em relação aos atributos da serapilheira</b> .....	28
4	Conclusões.....	31

## 1 INTRODUÇÃO

A restauração florestal torna-se relevante devido ao aumento da degradação florestal e os compromissos de restauração tem grande potencial de reverter esse prejuízo, por isso, as tomadas de decisões devem ser cuidadosas, visando restaurar, reabilitar e tornar esses ecossistemas florestais resilientes no longo prazo (JACOBS et al. 2015).

As técnicas de restauração devem seguir processos naturais de sucessão (DURIGAN; ENGEL, 2012) e de restauração de processos ecológicos (SER, 2004; KLIPPEL et al. 2016).

Nesses ecossistemas restaurados adotam-se práticas que permitam recompor atributos, como empregar espécies de um ecossistema de referência, com o uso de grupos funcionais que visem propiciar a continuidade, estabilidade e resiliência do sistema (GALETTI et al., 2018).

As práticas de restauração incorporam princípios que proporcionam o aumento da riqueza de espécies, a presença de diferentes grupos funcionais, formas de distribuição e de densidade distintas e que são adotadas em diferentes modelos de plantio. Entre essas práticas, destacam-se os modelos de recobrimento e diversidade (RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2009; BRANCALION; RODRIGUES; GANDOLFI, 2015), o de nucleação (MARTINS et al., 2012), e os métodos que empregam alta diversidade de espécies e funções, como os de Miyawaki (MIYAWAKI, 1993) e o denso-diverso-funcional- DDF (PIÑA-RODRIGUES; REIS; MARQUES, 1997; GALETTI et al., 2018).

Na restauração, a teoria “*BEF-Biodiversity and ecosystem function*” baseia-se na abordagem de restaurar a biodiversidade e um conjunto de serviços ecossistêmicos utilizando várias espécies, garantindo assim, o funcionamento e a estabilidade dos ecossistemas, atribuindo maior resistência e resiliência (MACHADO, 2016; AERTS; HONNAY, 2011).

Esta abordagem BEF aumentou o interesse por entender o papel da diversidade, na microbiota do solo, nos processos de decomposição da matéria orgânica e absorção de nutrientes pelas plantas, fornecendo estrutura para avaliar a funcionalidade ecológica da restauração como a ciclagem de nutrientes, garantindo assim o sucesso da restauração (AERTS; HONNAY, 2011).

Os resultados experimentais dos efeitos da biodiversidade e funções ecológicas mostram essas variáveis como fator de produtividade e reguladores de ecossistema (STROBL; KOLLMANN; TEIXEIRA et al., 2019; CARDINALE et al., 2007). Entre estes, há o aumento significativo da biomassa em condições de diferentes riquezas de espécies, no qual a riqueza de espécies atuou como reguladora do ecossistema (CRAVEN et al., 2016). A riqueza de espécies propicia maior biomassa do que monoculturas, mas não biomassa superior à espécie mais produtiva, mostrando o efeito da complementaridade atuando como regulador da não dominância e igualando as contribuições das espécies (CARDINALE et al., 2007).

Estudos em Floresta Estacional Semidecidual verificaram que alguns modelos de restaurações não propiciaram o retorno de processos ecológicos fundamentais como a ciclagem de nutrientes (SAMILA; FRANCO; PIÑA-RODRIGUES, 2017; FERNANDES; FREITAS; RODRIGUES, 2017; GALETTI et al., 2018). Esta constatação põe em dúvida a eficiência e a resiliência ao longo do tempo dos sistemas analisados. A aplicação de indicadores de funcionalidade ecológica demonstrou que áreas no modelo preenchimento e diversidade apresentaram problemas na cobertura do solo com serapilheira (SAMILA et al., 2017) e que, em idades precoces, entre 35 e 60 meses (GALETTI et al., 2018) e até com 7 anos (FERNANDES; FREITAS; RODRIGUES, 2017), o aporte de serapilheira e a ciclagem de nutrientes não propiciou a autosustentabilidade do sistema. Estes resultados reforçam a necessidade de ajustes e uso de métodos apropriados para cada realidade e que sejam associados à ações de manejo adaptativo que propiciem o restabelecimento destas funções, em

especial, em relação à cobertura do solo e ao aporte de serapilheira (SAMILA; FRANCO; PIÑA-RODRIGUES, 2017).

A característica do aporte contínuo de serapilheira constitui elemento essencial para manutenção de ecossistemas (SCHUMACHER et al., 2004; VIEIRA et al., 2013).

Como as árvores periodicamente substituem suas estruturas, tanto vegetativas quanto reprodutivas, devido a fatores evolutivos ou como resposta às tensões ambientais, coletar e quantificar o material decíduo aportado ao solo é uma forma não destrutiva de estimar a produtividade dos ecossistemas (CLARK et al., 2001). Os fatores mais importantes que afetam a quantidade de serapilheira produzida estão relacionados com os aspectos ambientais, com destaque para a precipitação (quantidade e distribuição), as características das espécies (CORREIA; ANDRADE, 2008) e o tipo de técnica silvicultural empregada e a densidade de plantio (ARAÚJO et al., 2006; LISBOA, 2010).

A heterogeneidade e a taxa de decomposição do material depositado na superfície do solo dependem dos fatores bióticos e abióticos que determinam a quantidade e qualidade do material que se acumula sobre o solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Além disto, há efeito indireto da diversidade de espécies na decomposição do material aportado, diferente dos resultados comuns da evidência da influência do clima, composição e decompositores (OLIVEIRA et al., 2019).

Para assegurar o bom resultado da restauração florestal em longo prazo, o aporte dos nutrientes é imprescindível para o funcionamento dos diferentes ecossistemas e seu manejo (POGGIANI, 2012). Para a manutenção da diversidade e produtividade da floresta, o aporte de nutrientes e a consequente ciclagem promovida pela decomposição, são processos essenciais (DICK; SCHUMACHER, 2020).

A serapilheira é o componente que contém material precipitado ao solo como, folhas, caules, frutos, sementes, flores e resíduos animais (COSTA et al., 2010), entretanto, a velocidade de sua decomposição regula o acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo (PEGADO et al., 2008) e o processo de ciclagem de nutrientes (COSTA et al., 2005; TEIXEIRA et al., 2012; GODINHO et al., 2013). Nesse sentido, a folha constitui o principal componente da serapilheira aportada ao solo pelas espécies florestais (CABIANCHI, 2010), representando maior porcentagem da serapilheira total (SCHUMACHER et al., 2018) e é responsável pela maior parte do retorno de nutrientes via decomposição (PINTO et al., 2016).

A discussão sobre o insucesso das restaurações e a busca de novos modelos se torna relevante a ponto de não analisar somente o produto da cobertura florestal, mas também os processos que garantam a autonomia da área ao longo do tempo (DURIGAN; ENGEL; TOREZAN, 2010; FERNANDES et al., 2017; SAMILA; FRANCO; PIÑA-RODRIGUES, 2017; GALETTI et al., 2018). O uso da serapilheira funciona como indicador ambiental, para estudar os diferentes tratamentos de modelos de restauração ambiental, e para quantificação da ciclagem de nutrientes e taxa de decomposição (MACHADO; RODRIGUES; PEREIRA, 2008; GODINHO et al., 2013; PINTO et al., 2016).

Com base no apresentado, o presente estudo tem como hipótese que, na restauração em áreas de Floresta Estacional Semidecidual, a densidade de plantio e a composição de espécies influenciam o aporte de serapilheira, nutrientes e decomposição, mas não os teores de nutrientes em diferentes modelos de plantio. A expectativa é que áreas com maior densidade e composição de espécies não pioneiras, possibilitarão maior eficiência na ciclagem de nutrientes no sistema. Nesse contexto, pretende-se responder a seguinte questão: Como o aporte, os nutrientes e a decomposição de serapilheira, foram afetados em diferentes modelos de restauração?

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na região de Itu, São Paulo, em propriedade de 526 ha situada a  $23^{\circ}14'15.18''\text{S}$  e  $47^{\circ}24'3.29''\text{O}$  (Figura 2-1). A fisionomia vegetal regional é predominante de Floresta Atlântica Estacional Semidecidual (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991), com transição para Cerrado. O clima da região é classificado como Cwa - inverno seco e verão quente, sendo a precipitação média anual de 1.299,6 mm e a temperatura média anual de  $21,3^{\circ}\text{C}$  (ALVARES et al., 2013).



Fonte: Autor (2020).

Figura 1 Mapa da propriedade e localização da área de estudo (polígono vermelho) em Itu, SP. Coordenadas:  $23^{\circ}14'15.18''\text{S}$  e  $47^{\circ}24'3.29''\text{O}$ .

O histórico de uso da área experimental foi de plantio de café no início do século 20 e, posteriormente, conversão em pastagem de *Urochloa decubens* Stapf. (braquiária), a baixa regeneração natural de árvores nativas e a necessidade de conservação das nascentes e lagos, levou à implantação de plantios de restauração (FLORIDO, 2015).

O preparo para o plantio das mudas iniciou-se com o controle de formigas e cupins e foi repetido bimestralmente ao redor da planta. Para o controle da competição com gramíneas invasoras, foi realizada a aplicação de herbicida (glifosato®) na dosagem recomendada no produto. A abertura dos berços para plantio das mudas foi realizada com broca mecânica na profundidade de 40 cm. A adubação foi efetuada no berço do plantio com recomendação de 8,3 g de nitrogênio, 19 g de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e 8,3 g de potássio e após o primeiro ano do plantio foi realizada adubação com 30 g da fórmula 4-14-8 por planta.

O experimento foi instalado em março de 2012 com mudas produzidas no viveiro local, empregando-se o delineamento experimental fatorial parcial com três blocos ao acaso e 10 tratamentos (Tabela 1). Os plantios foram realizados em blocos, nos quais foram distribuídas parcelas com 70 mudas em diferentes espaçamentos e proporção entre grupos sucessionais de plantas pioneiras e não pioneiras (Anexo 1).

TABELA 1: Descrição dos modelos de restauração de áreas degradadas e dos tratamentos implantados na área de estudo situada em Itu, São Paulo, Brasil. Plantio em março de 2012.

Modelo de restauração	Espaçamento	Proporção por grupo sucessional	Tratamentos
<b>Adensado</b>	1 x 1 m (1 m <sup>2</sup> /planta)	40% de espécies não pioneiras e 60% de pioneiras	T1
		60% de não pioneiras e 40% de pioneiras	T2
		80% de não pioneiras e 20% de pioneiras	T3
<b>Semi-adensado</b>	2 x 1 m (2 m <sup>2</sup> /planta)	40% de espécies não pioneiras e 60% de pioneiras	T4
		60% de não pioneiras e 40% de pioneiras	T5
		80% de não pioneiras e 20% de pioneiras	T6
<b>Denso</b>	1 x 0,3 m (0,3 m <sup>2</sup> /planta)	40% de espécies não pioneiras e 60% de pioneiras	T7
		60% de não pioneiras e 40% de pioneiras	T8
		80% de não pioneiras e 20% de pioneiras	T9
<b>Convencional</b>	3 x 2 m (6 m <sup>2</sup> /planta)	40% de espécies não pioneiras e 60% de pioneiras	T10

Na tabela 2 foi realizado um comparativo dos dados da implantação na área experimental e do inventário de campo (não publicado) realizado em junho de 2017 nas parcelas onde foram instalados os tratamentos, obtendo-se a quantidade de plantas (Anexo 2), taxa de sobrevivência, regeneração, densidade e proporção dos grupos sucessionais.

TABELA 2 Parâmetros comparativos do plantio em (2012) ao inventário de campo (2017) para os tratamentos da área experimental em Itu, São Paulo, Brasil.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Total de mudas 2012 (un.)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
Total de mudas 2017 (un.)	112	113	118	169	142	149	114	122	132	221
Sobrevivência 2017 (%)	53	54	56	80	68	71	54	58	63	105
Regenerantes 2017 (%)	43	34	25	23	25	34	28	18	20	19
Densidade 2012 (Planta/m <sup>2</sup> )	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	3,3	3,3	3,3	0,2
Densidade 2017 (Planta/m <sup>2</sup> )	0,5	0,5	0,6	0,4	0,3	0,4	1,8	1,9	2,1	0,2
Grupo sucessional – P 2012 (%)	60	40	20	60	40	20	60	40	20	60
Grupo sucessional – P 2017 (%)	79	74	62	53	61	70	56	61	64	52
Grupo sucessional – NP 2012 (%)	40	60	80	40	60	80	40	60	80	40
Grupo sucessional – NP 2017 (%)	21	26	36	46	39	30	44	39	35	47
Grupo sucessional – S/ class. 2017 (%)	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1



O solo da área experimental pertence à classe de Argissolo vermelho-amarelo (FLORIDO, 2015; ROSSI, 2017).

Para caracterização da fertilidade dos solos da área experimental, foram coletadas em dezembro de 2020, amostras de solo na profundidade 0-20 cm em cada tratamento dos três blocos, formando uma amostra composta para cada tratamento (Tabela 3). Para determinação da textura do solo foi obtida uma amostra composta da área total (Tabela 4).

O solo do local de plantio é caracterizado por ser de baixa fertilidade e de textura franco-arenoso. Os resultados da análise do solo do experimento são caracterizados de meio ácido e baixa saturação de bases (v%). Com base nos valores de referência de Raij et al (1997) e Prezotti; Guarçoni (2013), elementos como magnésio e alumínio não estão adequados. Enxofre, fosforo e matéria orgânica apresentam valores adequados. Cálcio e potássio variam os teores conforme tratamentos, enquadrado em adequado para valores acima de 4 mmolc dm<sup>3</sup> para cálcio e maior que 1,5 mmolc dm<sup>3</sup> para potássio.

TABELA 3: Características químicas do solo dos diferentes modelos de restauração implantados em área experimental situada em Itu, São Paulo, Brasil.

Trat.	Prof. (cm)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	M.O. (g dm <sup>3</sup> )	P (mg dm <sup>3</sup> )	Al <sup>3+</sup> H+Al K Ca Mg (mmolc dm <sup>3</sup> )					S (mg dm <sup>3</sup> )	SB	CTC	V%
					Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg				
T1	0-20	3,8	20	22	11	52	1,8	11,0	3,1	8	16,0	68	23
T2	0-20	3,9	18	25	8	40	1,8	14,0	3,3	8	19,0	59	32
T3	0-20	3,8	15	22	10	38	1,6	3,6	1,5	7	7,0	45	15
T4	0-20	3,9	23	22	9	38	2,0	3,2	2,0	9	7,0	45	16
T5	0-20	3,7	17	22	11	50	1,5	3,0	0,4	12	5,0	55	9
T6	0-20	3,8	21	23	10	47	1,5	1,7	0,2	8	3,0	50	7
T7	0-20	3,7	21	21	10	40	1,4	2,0	0,2	5	4,0	44	8
T8	0-20	3,8	21	26	9	45	1,8	3,0	0,6	6	5,0	50	11
T9	0-20	3,7	22	22	13	47	1,2	3,0	0,6	6	5,0	52	9
T10	0-20	3,9	23	27	10	38	1,7	0,6	0,8	5	3,0	41	8

Em que: Trat. = tratamentos; Prof. = profundidade; M.O. = matéria orgânica por oxidação; P = fósforo por resina; Al<sup>3+</sup> = alumínio por cloreto de potássio; H+Al = acidez potencial por SMP; K = potássio por resina; Ca = cálcio por resina; Mg = magnésio por resina; S = enxofre por fosfato de cálcio; SB = soma de bases (Ca+Mg+K); CTC = capacidade de troca catiônica (SB+(H+Al)); V% = saturação por bases.

TABELA 4: Distribuição granulométrica e classificação textural em área experimental situada em Itu, São Paulo, Brasil.

Argila	Silte	Areia	Classificação Textural
Distribuição Granulométrica (g Kg)			
90	252	658	Franco-arenosa

## 2.2 Aporte de serapilheira

A coleta da serapilheira foi realizada nos meses de fevereiro, março, abril, junho, julho, setembro de 2018 e, a partir de dezembro de 2018 foi realizada bimestralmente até dezembro de 2019. Para a coleta utilizaram-se coletores circulares com 64 cm de diâmetro (0,32 m<sup>2</sup>) revestidos com tecido helanca® (Figura 2-2), que permite a passagem de água,

dispostos transversalmente e equidistantes em cada repetição dos tratamentos e suspensos a 1,20 m de altura.

O número de coletores em cada tratamento foi baseado no tamanho de cada área (Tabela 5). O material amostrado foi acondicionado em sacos papel e levado ao laboratório para posterior separação nas frações folhas, ramos e material reprodutivo. O material vegetal de cada fração foi mantido à sombra para secagem natural por cerca de sete dias e, a seguir, foi levado para estufa a 65°C por 24 horas (SCORIZA, 2012) e posteriormente foi pesado em balança semi-analítica.



Fonte: Autor (2019).

Figura 2 Coletores circulares suspensos a 1,2 m de altura utilizado para coletar serapilheira durante o período estudo.

TABELA 5: Dimensões (m) e áreas (m<sup>2</sup>) das parcelas de cada bloco (n= 3) e número e área amostral por bloco e total de coletores de serapilheira por tratamento na área experimental em Itu, São Paulo, Brasil.

Tratamento	Dimensões (m)	Área das parcelas (m <sup>2</sup> )	Nº total de coletores	Área amostral coletor/bloco (m <sup>2</sup> )	Área total amostrada de coletores (m <sup>2</sup> )
<b>T1</b>	8 x 11	88	9	0,96	2,88
<b>T2</b>	8 x 11	88	9	0,96	2,88
<b>T3</b>	8 x 11	88	9	0,96	2,88
<b>T4</b>	11 x 16	176	9	0,96	2,88
<b>T5</b>	11 x 16	176	9	0,96	2,88
<b>T6</b>	11 x 16	176	9	0,96	2,88
<b>T7</b>	5 x 5	25	3	0,32	0,96
<b>T8</b>	5 x 5	25	3	0,32	0,96
<b>T9</b>	5 x 5	25	3	0,32	0,96
<b>T10</b>	22 x 24	528	18	1,92	5,76

Na quantificação do material aportado e para sua avaliação, os valores de massa obtidos em gramas (g) foram convertidos para Quilogramas (Kg). A produção total da serapilheira foi estimada a partir da equação adaptada de Lopes et al (2002):

$$\text{Equação 1: PAS} = (\sum \text{PS} \times 10.000)/\text{Ac}$$

Onde:

PAS é a produção média anual de serapilheira ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}$ ); PS é a produção média mensal de serapilheira em ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ mês}$ ); e Ac é a área do coletor ( $\text{m}^2$ ).

### 2.3 Análise de nutrientes

As amostragens para as análises de nutrientes da serapilheira aportada foram realizadas por tratamentos ( $n=10$ ) de fevereiro de 2019, bimestralmente até dezembro de 2019 ( $n= 6$  meses). Das três frações coletadas e secas em estufa, somente a fração folha foi devidamente moída em moinho tipo Willey para análise de nutrientes.

As amostras foram enviadas para o Laboratório LAFEN na Unesp de Registro/SP, sendo determinados os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). O N pelo método Kjeldahl, o P por colorimetria, o S por turbidimetria do sulfato de bário, o K, Ca e Mg, em espectrofotômetro de absorção atômica, após digestão nítrico-perclórica segundo propostos por Malavolta; Vitti; Oliveira. (1989).

Os resultados foram expressos em teores (g do elemento por kg de serapilheira ( $\text{g.kg}^{-1}$ )). A partir da determinação dos teores dos elementos, se determinou o conteúdo dos nutrientes, isto é, a quantidade de cada nutriente contido na serapilheira aportada, segundo a equação descrita em Scoriza et al. (2012):

$$\text{Equação 2. } C_e = t_e \cdot T_s/1000$$

Onde  $C_e$  é o conteúdo do elemento “e” ( $\text{kg}$ );  $t_e$  é o teor do elemento “e” na serapilheira ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e  $T_s$  corresponde à quantidade de serapilheira aportada ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

### 2.4 Decomposição

Para o estudo da degradação da serapilheira foram montados *litterbags* (sacos de polímero sintético, 20 x 20 cm com malha de 2 mm) conforme Scoriza et al (2012). Os *litterbags* foram instalados em julho de 2019 e distribuídos em proporção de três por tratamento ( $n= 10$ ) em cada bloco ( $n= 3$ ) por período de coleta ( $n= 6$  meses) totalizando 540 unidades. Cada *litterbag* foi preenchido com um mix de, no máximo 10 gramas de folhas secas das espécies presentes em cada tratamento e que não apresentassem sinais de decomposição ou, ao menos, sendo homogêneas quanto ao grau de fragmentação (SCORIZA et al., 2012).

Mensalmente, ao longo de 180 dias, foram coletados 90 *litterbags* em sacolas individuais e levado para estufa a 60 °C até atingir a massa constante e posterior pesado em balança semi-analítica.

A quantificação da decomposição foi feita com base na perda de massa seca a partir da massa inicial em relação à amostrada em cada período de coleta, a partir do tempo zero

(instalação). A partir destes valores a constante de decomposição (k) foi estimada, segundo a equação abaixo:

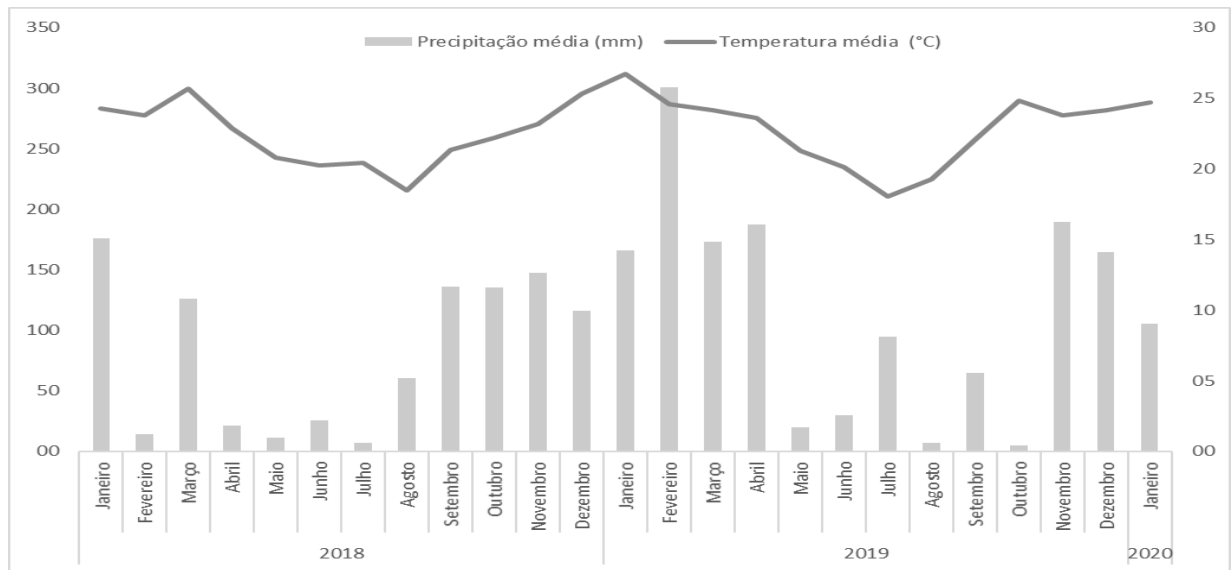
$$\text{Equação 3. } X_t = X_0 \cdot e^{-kt}$$

Onde  $X_t$  = é a massa do material remanescente após  $t$  dias e  $X_0$  = é a massa inicial do material seco colocado nos *litterbags*, sendo  $k$  a constante de decomposição calculada a partir da plotagem da relação entre perda de massa e tempo, de acordo com metodologia recomendada por Scoriza et al. (2012).

A velocidade de decomposição foi calculada considerando-se o % de massa seca remanescente de cada coleta em relação à inicial.

A obtenção de dados climáticos de temperatura média (°C) e precipitação (mm) foi realizada no sistema do Portal Agrometeorológico e Hídrológico do Estado de São Paulo (CIIAGRO), obtendo-se dados de todo os meses em que foram realizadas as coletas de serapilheira e *litterbags*.

Ao longo do período de estudo, de janeiro de 2018 a janeiro de 2020, a temperatura média foi de 22,7 °C e precipitação média de 100,9 mm. No período seco (abril a setembro), a temperatura média foi de 20,7 °C e a precipitação de 55,4 mm e no chuvoso (outubro a março), a temperatura foi de 24,4 °C e a precipitação média 142,9 mm (Figura 2-3).



Fonte: CIIAGRO (2020).

Figura 3 Média mensal de precipitação e temperatura nos anos de 2018 – 2020 no município de Itu, São Paulo, Brasil.

## 2.5 Análises de dados

A análise exploratória dos dados foi realizada empregando-se o box-plot. A seguir, para avaliar os pressupostos, os dados foram submetidos à análise de normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homogeneidade da variância dos erros (teste de Levene). Para avaliar a ocorrência de diferenças e interações na produção de serapilheira e suas frações; teor e aporte de nutrientes e decomposição entre os espaçamentos e as proporções por grupos sucessionais, foram realizadas as análises no modelo geral linear (GLM) com distribuição Gamma e função de ligação “identity”. Como variável resposta foi utilizado o aporte de serapilheira, empregando-se a produção média anual e suas frações, e de nutrientes sendo utilizados o teor, aporte, e

para a decomposição da serapilheira foi utilizada a constante K e o tempo de meia vida. Como variável explicativa foram usados os espaçamentos e as proporções por grupos sucessionais, aplicando-se o teste de Tukey para a comparação das médias.

As análises da perda de biomassa ao longo dos meses foram realizadas por meio de regressão linear. A influência dos fatores climáticos (pluviosidade e temperatura média, máxima e mínima) na decomposição de serapilheira foi estimada pelo coeficiente de correlação de Spearman para o mês de coleta e para mês que antecedeu cada coleta, dentro do período de estudo.

A análise de ordenamento de componentes principais (PCA) foi utilizada verificando-se quais as variáveis (produção média anual de serapilheira, constante K de decomposição e teor de nutrientes) que melhor diferenciavam os tratamentos.

Considerou-se o nível de 5% de significância para a inclusão das variáveis independentes e a análise gráfica da distribuição dos resíduos. As análises estatísticas foram realizadas no ambiente estatístico R STUDIO (R CORE TEAM, 2020) utilizando os pacotes “car” para teste de homogeneidade e normalidade, “RT4Bio” para desvios de resíduos do modelo GLM, “multcomp” para comparar as médias do GLM e “vegan” para o PCA.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Aporte de serapilheira

O aporte anual de serapilheira da área experimental foi de 7255 Kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e de 7953 Kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para os anos de 2018 (6º ano) e 2019 (7º ano), respectivamente. A quantidade de serapilheira nos tratamentos do estudo variou entre 6217 a 9428 Kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, valores dentro do esperado conforme estudo de Martinelli; Lins; Santos-Silva. (2017) que em 105 locais na Mata Atlântica constatou o aporte médio de 8.500 ± 2500 Kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Em ambos os anos, o teste GLM indicou que houve diferença significativa de aporte de serapilheira (Figura 3-1 e Figura 3-2) em relação aos diferentes espaçamentos ( $F_{2018}= 6.71$ ;  $p= 0.002$ ;  $F_{2019}= 4.00$ ;  $p= 0.021$ ) e não houve diferença significativa para proporção de grupo sucessionais ( $F_{2018}= 0.02$ ;  $p= 0.975$ ;  $F_{2019}= 0.35$ ;  $p= 0.702$ ) e interação entre os tratamentos ( $F_{2018}= 1.64$ ;  $p= 0.202$ ;  $F= 1.22$ ;  $p= 0.333$ ). Contudo, o fato de obter-se  $F < 1$  para os grupos sucessionais evidencia que houve maior variação entre blocos do que entre os tratamentos, mostrando um potencial efeito da composição florística de cada uma das parcelas ou o efeito de outro fator não controlado pela análise.

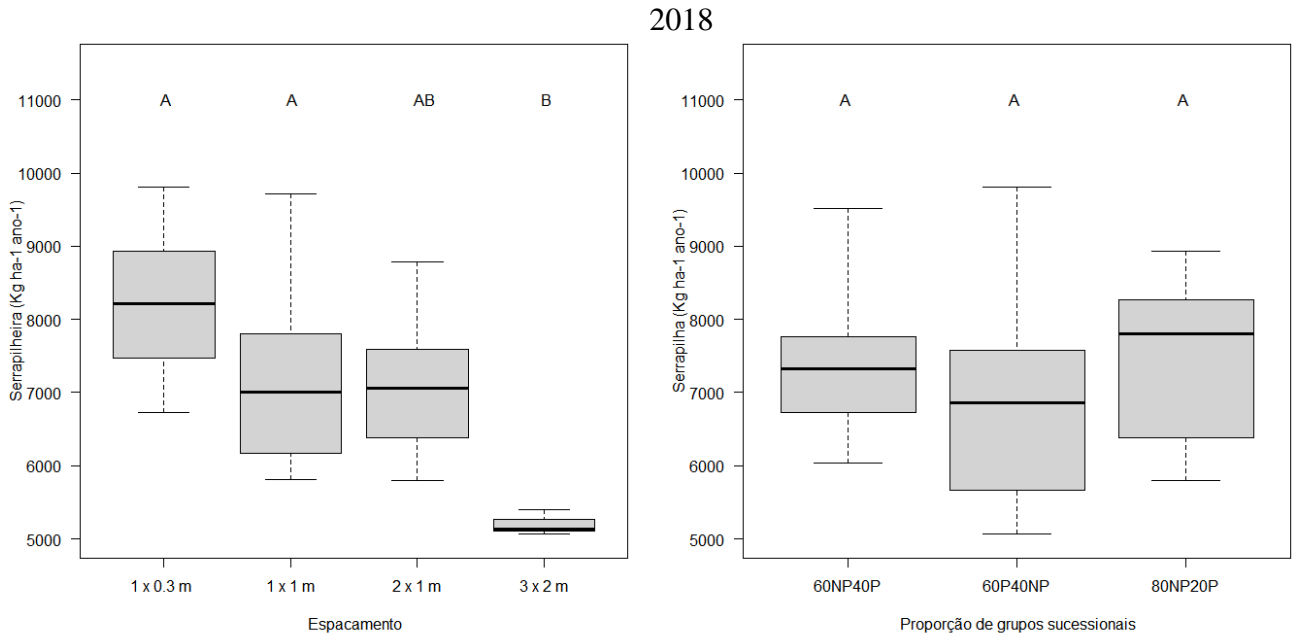
A maior produção de serapilheira para os anos de 2018 e 2019 ocorreu no espaçamento 1 x 0,3 m, seguido pelos espaçamentos 1 x 1 m, 2 x 1 m e o 3 x 2 m. Entre as diferentes proporções de grupos sucessionais, a maior produção foi em 80NP20P, seguido por 60NP40P e por fim 60P40NP (Tabela 6). Segundo Prado-Junior et al (2016) a biomassa é afetada pela quantidade de árvores e em seguida pela qualidade da vegetação, neste caso representada pelos diferentes grupos sucessionais. Os dados confirmam a hipótese que a densidade do plantio influencia o aporte de serapilheira e não confirmam a influência dos diferentes grupos sucessionais.

A comparação do resultado do inventário de 2017 (Tabela 2) com a instalação da área experimental em 2012 (Tabela 2) e o resultado de aporte de serapilheira, constatou que a mortalidade de plantas ocasionou uma menor densidade nas parcelas, mas não alterou de uma maneira abrupta as quantidades de plantas entre os tratamentos e conservou as diferentes densidades, o que não ocorreu para os grupos sucessionais que a mortalidade e regeneração de novos indivíduos modificou a proposta do tratamento inicial, e esses resultados de diferentes grupos sucessionais poderão ser observados ao longo do tempo em conjunto com inventários florestais, que, segundo Soares et al (2016) o aporte da serapilheira pode ser afetado pelo efeito de grupos sucessionais no longo prazo. No estudo de Caldeira et al (2019) a utilização de uma mesma composição por grupo sucessional pode ter sido a causa de resultados semelhantes nos tratamentos sobre a riqueza de espécies e os espaçamentos, que reforça a continuidade de pesquisas entre os diferentes grupos sucessionais.

O teste GLM indicou que não houve diferença significativa entre os espaçamentos para a fração galhos e o aporte total de serapilheira foi mais influenciado pela fração folha no ano de 2018 ( $F_{2018}= 8,38$ ;  $p= 0.0005$ ) do que em 2019 ( $F_{2019}= 2,82$ ;  $p= 0.060$ ), quando se constatou o aumento significativa do aporte total. No entanto, foi verificado in loco que o espaçamento 1 x 0,3 m foi o que apresentou o maior fechamento de copa, favorecendo a desrama natural e queda de folhas (VILLA et al, 2016), sendo essa uma possível causa para o maior volume de serapilheira total aportada. O dossel mais fechado em matas de vegetação primária corrobora com a hipótese de maior produção de serapilheira (SILVA et al., 2018).

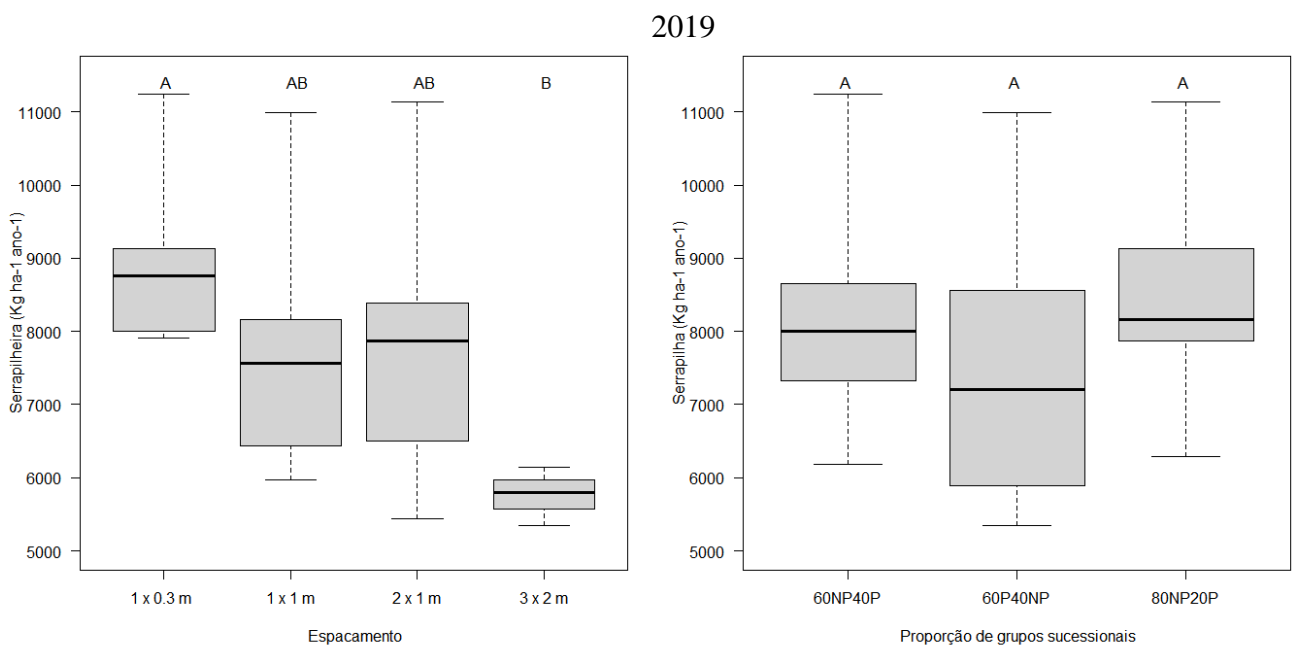
De maneira geral, o maior aporte obtido para as folhas, seguida de galhos e material reprodutivo, foi similar ao constatado em outros estudos em F.E.S.(VILLA et al., 2016; MACHADO et al., 2018; DICK; SCHUMACHER, 2020; MENEZES et al., 2010). As folhas

são o componente mais importante para a ciclagem, por apresentarem maiores teores de nutrientes, alta taxa de decomposição (GODINHO et al., 2013) e maior volume aportado (Tabela 5). Dessa forma, esse resultado indica que o aporte para a ciclagem de nutrientes está evoluindo de uma forma natural, sem modificações nas frações de serrapilheira aportada.



Fonte: Autor (2020)

Figura 4 Box-plots representando a dispersão dos dados de aporte médio anual de serrapilheira, distribuição das medianas das variáveis e os resultados do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para os espaçamentos e a proporção por grupo sucessionais ao longo dos meses de fevereiro a dezembro de 2018 em Itu, São Paulo, Brasil.



Fonte: Autor (2020)

Figura 5 Box-plots representando a dispersão dos dados de aporte médio anual de serapilheira, distribuição das medianas das variáveis e os resultados do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para os espaçamentos e a proporção por grupo sucessional ao longo dos meses de fevereiro a dezembro de 2019 em Itu, São Paulo, Brasil.

TABELA 6: Aporte médio anual de serapilheira e suas frações ( $\text{Kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) nos diferentes modelos de restauração na área experimental durante os anos de 2018 e 2019, em Itu, São Paulo, Brasil. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ) para cada ano de plantio e modelos testados.

Identificação	Folha	% Folhas	Galhos	% Galhos	Material reprodutivo	% MR	Total
<b>ANO 2018 – 6º ANO PÓS-PLANTIO</b>							
60NP40P	5692 A	77	1088 A	15	655 A	9	7436 A
60P40NP	5381 A	77	1035 A	15	543 A	8	6958 A
80NP20P	5908 A	79	953 A	13	607 A	8	7470 A
Espaçamentos							
1 x 0,3 m	6510 A	79	1158 A	14	576 A	7	8244 A
2 x 1 m	5553 B	79	826 A	12	636 A	9	7015 AB
1 x 1 m	5381 BC	75	1222 A	17	588 A	8	7191 AB
3 x 2 m	3997 C	77	649 A	12	557 A	11	5203 B
<b>ANO 2019 – 7º ANO PÓS-PLANTIO</b>							
Proporção por grupos sucessionais							
60NP40P	6063 A	77,7	1586 A	16,4	496 A	5,9	8145 A
60P40NP	5765 A	80,6	1195 A	14,7	447 A	4,7	7407 A
80NP20P	6348 A	80,1	1524 A	14,7	580 A	5,2	8452 A
Espaçamentos							
1 x 0,3 m	6877 A	79,9	1710 A	16,1	543 A	4	9131 A
2 x 1 m	5814 A	80,8	1429 A	13,2	488 A	6,1	7732 AB
1 x 1 m	5890 A	77,9	1338 A	17,1	530 A	5	7758 AB
3 x 2 m	4759 A	79,9	682 A	12,1	320 A	8	5761 B

A diferença do aporte anual de serapilheira em diferentes espaçamentos do presente estudo, pode ser comparada com o estudo de Villa et al (2016), onde as quantidades de serapilheira são diferentes (Tabela 7), provavelmente devido à idade de restauração, mas assemelha-se os resultados em função do espaçamento, com tendência de redução do aporte entre o maior e o menor espaçamento, mas com similaridade entre os espaçamentos intermediários.

Com relação ao aporte total anual do ano de 2019 e diferentes estágios de regeneração observado em Menezes et al (2010), o espaçamento 1 x 0,3 m do presente estudo assemelhou-se ao estágio avançado, enquanto os intermediários (1 x 1 m e 2 x 1 m) estiveram na faixa obtida no estágio médio e o espaçamento 3 x 2 m aproximou-se dos valores obtidos no estágio inicial (Tabela 7), uma vez que o processo de sucessão avança, maior biomassa é aportada (TEIXEIRA et al, 2020).

Os resultados dos estudos de Lorenzo; Campanaro (2017), Villa et al (2016), Silva et al (2018) demonstram que a idade da floresta teve influência na quantidade de serapilheira



aportada, as áreas de restauração com idade de 2, 4, 5, 6, 15, 25 anos do plantio e floresta primária apresentaram a quantidade de aporte de serapilheira de 2.1, 5.47, 5.71, 6.95, 9.4, 9.1 e 10.8 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente.

Outro fator importante foi a quantidade de serapilheira aportada em solo de baixa fertilidade, como da área em estudo (Tabela 3), indicando que a fertilidade do solo não teve grande influência, e segundo Prado Junior et al (2016) a pluviosidade favorece mais a produtividade de serapilheira do que a alta fertilidade do solo.

TABELA 7: Produção de serapilheira em Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em diferentes sistemas de plantio, florestas naturais e locais de estudo. FES= Floresta Estacional Semidecidual.

Formação vegetal	Localização	Idade (anos)	Serapilheira (Kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Referência
Plantio misto - 1 x 1 m	Seropédica - RJ	4 a 6	7.480	Villa et al (2016)
Plantio misto - 1,5 x 1,5 m	Seropédica - RJ	4 a 6	5.970	Villa et al (2016)
Plantio misto - 2 x 2 m	Seropédica - RJ	4 a 6	6.020	Villa et al (2016)
Plantio misto - 3 x 2 m	Seropédica - RJ	4 a 6	5.410	Villa (2016)
Estágio avançado em FES	Pinheiral - RJ	-	10.900	Menezes (2010)
Estágio médio FES	Pinheiral - RJ	-	7.400	Menezes (2010)
Estágio inicial FES	Pinheiral - RJ	-	6.500	Menezes (2010)

### 3.2 Nutrientes

Em relação aos resultados do teste GLM para teores de nutrientes das proporções de espécies por grupo sucessional (Tabela 8), observou-se os acréscimos significativos somente para o teor de cálcio (F=3.47; p=0.047), sendo o 60P40NP que diferiu dos demais. Para os teores de outros nutrientes, como o nitrogênio (F=0.12; p=0.885), fósforo (F=0.58; p=0.562), potássio (F=0.15; p=0.858), magnésio (F= 1.07; p= 0.357) e enxofre (F= 2.42; p= 0.109) não foi obtida diferença entre os grupos sucessionais. Também foi observado que não houve diferença para os valores de aporte de nutrientes, entre eles, cálcio (F= 0.03; p= 0.966), nitrogênio (F= 0.16; p= 0.845), fósforo (F= 0.01; p= 0.989), potássio (F= 0.30; p= 0.739), magnésio (F= 0.07; p= 0.927) e enxofre (F= 0.46; p= 0.631).

No que se refere aos espaçamentos, o resultado do teste GLM apresentou diferenças significativa para teor de nitrogênio (F=5.02; p=0.007), sendo o tratamento 1 x 1 m o que apresentou maior diferença e magnésio (F= 3.00; p=0.050), sendo o espaçamento 1 x 0,3 m o que obteve maior valor e não houve diferença entre os teores de fósforo (F=0.41; p= 0.745), cálcio (F=2.47; p=0.086), potássio (F= 2.15; p= 0.119) e enxofre (F= 0.80; p= 0.50). Para os aporte de nutrientes entre os diferentes espaçamentos houve diferença significativa para nitrogênio (F= 3.74; p= 0.024), cálcio (F= 4.02; p= 0.018), magnésio (F= 5.06; p= 0.007), potássio (F= 7.30 ; p= 0.001 ) e enxofre (F= 3.89; p= 0.021) sendo o tratamento 1 x 0,3m que apresentou maiores valores em relação a outros espaçamentos e não houve diferença somente para fósforo (F= 2.20; p= 0.114 ).

Estes valores de F<1 evidenciam o efeito de fatores não controlados pela análise, possivelmente a alta variação entre parcelas de cada bloco em relação a outros blocos. Ao

mesmo tempo reforça a complexidade da análise da proporção de grupos ecológicos tanto para a serapilheira quanto para o teor de nutrientes, sendo necessário inserir em um estudo futuro o levantamento de dominância de espécies e análises químicas foliares das espécies chaves do sistema de restauração.

Quanto aos teores e aporte de nutrientes para as proporções de espécies por grupos sucessionais, verificou-se que somente o teor de Ca apresentou variação significativa no tratamento 60P40NP. A concentração do cálcio obtida pode ser explicada pelo fato do elemento apresentar baixa mobilidade no tecido vegetal e estar associado à lignificação e constituição de paredes celulares (SCHUMACHER et al, 2004), por isso, quando há queda foliar existe a tendência do acúmulo desse elemento na serapilheira (CALDEIRA et al, 2019).

Para o aporte de nutrientes entre os grupos sucessionais é possível observar que o tratamento 80NP20P foi o que apresentou maior volume (312,3 Kg ha<sup>-1</sup>), seguido de 60NP40P (298,4 Kg ha<sup>-1</sup>) e por último 60P40NP (275,8 Kg ha<sup>-1</sup>). A ordem de acumulação dos nutrientes no presente estudo seguiu N>Ca>K>Mg>S>P. A ordem Ca>N ou N>Ca pode variar entre dependendo da quantidade de espécies da família botânica mais representativa (SCHUMACHER et al, 2018), sendo importante o estudo futuro de dominância de espécies.

Quanto aos diferentes espaçamentos, verificou-se que houve influência nos teores de N, Ca e Mg. Para o cálcio a influência do menor espaçamento também foi observada por Caldeira et al (2019). No tratamento 1 x 1 m, o nitrogênio apresentou maior teor, esse elemento tem alta mobilidade na planta e pode estar associado à dominância de algumas espécies, principalmente da família Fabaceae, que possuem associações simbióticas de suas raízes com bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> atmosférico (SCHUMACHER et al, 2018). O magnésio por sua vez, apresentou teor reduzido no espaçamento 2 x 1 m, o que pode ser atribuindo à oxidação da clorofila, que ocorre quando as folhas estão em senescência e quando iniciam a decomposição sobre o solo (GODINHO et al., 2014). Sua deficiência pode ser induzida por outros cátions competitivos no solo, onde esse fenômeno é comum (SORREANO; RODRIGUES; BOARETTO, 2012).

O maior aporte de nutrientes na área experimental ocorreu para o espaçamento 1 x 0,3 m (337.4 Kg ha<sup>-1</sup>), seguido de 1 x 1 m (290.8 Kg ha<sup>-1</sup>), de 2 x 1 m (276.5 Kg ha<sup>-1</sup>) e por último 3 x 2 m (204,9 Kg ha<sup>-1</sup>) seguindo a tendência dos resultados da deposição da biomassa da serapilheira do presente estudo. Esses resultados de maior aporte de nutrientes em maiores quantidades de serapilheira aportada, foram semelhantes a outros estudos (GODINHO et al., 2014), e decorre da forma pela qual são calculados o aporte, obtidos pela multiplicação das concentrações de nutrientes por biomassa acumulada (CALDEIRA et al, 2019).

O fósforo foi o único elemento para o qual os teores e aporte nos diferentes tratamentos teve quantidades semelhantes, sem diferenças estatísticas. O fósforo participa de quase todo o metabolismo nas plantas, é parte de moléculas como DNA, RNA está presente no ATP (adenosina trifosfato) entre outras funções, e sua deficiência nas plantas pode ocasionar a redução de crescimento, da matéria seca da parte aérea e raiz, e a formação de frutos e sementes (SORREANO; RODRIGUES; BOARETTO, 2012)

TABELA 8: Teores (g/kg<sup>-1</sup>) e aporte (Kg/ha<sup>-1</sup>) de nutrientes nos diferentes modelos de restauração na área experimental durante o ano de 2019, em Itu, São Paulo, Brasil. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey (p < 0,05) para cada ano de plantio e modelos testados.

Identificação	N	P	K	Ca	Mg	S
<b>Teor g kg<sup>-1</sup> (2019)</b>						
Proporção por grupos sucessionais						
60NP40P	16.1 A	1.2 A	3.9 A	11.0 A	2.5 A	1.4 A

60P40NP	16.0 A	1.3 A	4.3 A	11.5 B	2.6 A	1.5 A
80NP20P	16.0 A	1.2 A	4.1 A	11.0 A	2.5 A	1.5 A
Espaçamentos						
1 x 0.3 m	15.6 B	1.2 A	4.3 A	11.6 A	2.8 A	1.5 A
1 x 1 m	17.0 A	1.3 A	3.8 A	11.1 AB	2.4 B	1.4 A
2x 1 m	15.8 B	1.2 A	4.0 A	10.9 B	2.4 B	1.5 A
3 x 2 m	15.3 B	1.2 A	4.8 A	11.1 AB	2.5 AB	1.4 A
<b>Aporte Kg ha<sup>-1</sup> (2019)</b>						
Proporção por grupos sucessionais						
60NP40P	132 A	10.0 A	33 A	90.9 A	21 A	12.4 A
60P40NP	118 A	9.3 A	32 A	85.9 A	20 A	10.6 A
80NP20P	135 A	10.1 A	36 A	93.6 A	21 A	16.6 A
Espaçamentos						
1 x 0.3 m	140.3 A	10.9 A	44.5 A	103.7 A	24.5 A	13.5 A
1 x 1 m	132.5 AB	10.0 A	29.1 B	88.6 AB	19.0 AB	11.6 AB
2x 1 m	122.3 AB	9.5 A	28.6 B	85.6 AB	19.1 AB	11.4 AB
3 x 2 m	86.4 B	6.8 A	26.2 B	63.4 B	14.2 B	7.9 B

A relação do menor espaçamento entre plantas com maior aporte de nutrientes também é verificada em pesquisa realizada por Villa et al (2016).

Comparando os resultados do aporte de nutrientes em diferentes espaçamentos do presente estudo com outros trabalhos em diferentes estágios sucessionais, idades e espaçamentos (Tabela 9), podemos observar que existe uma alteração entre quantidade de elementos aportados. Como podemos verificar no espaçamento 1 x 0,3 m aos 7 anos de idade do presente estudo comparado com uma área de F.E.S. em estágio inicial com 20 anos (MACHADO et al, 2015), supera a quantidade de aporte em N, P e K e fica abaixo para Ca e Mg, já em comparação com uma área de F.E.S estágio avançado – 65 anos (MACHADO et al, 2015), o espaçamento 1 x 0,3 m supera os valores somente em P. Essa variação de maior ou menor aporte de elementos, pode ser considerado na estratégia de restauração dependendo do objetivo, da velocidade de restauração pretendida e orçamento disponível para realizar, uma vez que empregada maior ou menor número de mudas, aumenta ou reduz a quantidade de nutrientes aportados e custos do plantio.

TABELA 9: Aporte de nutrientes em kg ha<sup>-1</sup> de diferentes idades em estudos de restauração e vegetação primária. F.E.S.= Floresta Estacional Semidecidual.

Formação florestal	Aporte (kg/ha <sup>-1</sup> )					Referências
	N	P	K	Ca	Mg	
Plantio misto - 1 x 1 m (4 anos)	74	10	48	75	23	Villa et al. (2016)
Plantio misto - 1,5 x 1,5 m (4 anos)	53	7	20	43	14	Villa et al. (2016)
Plantio misto - 2 x 2 m (4 anos)	58	7	28	54	13	Villa et al. (2016)
Plantio misto - 3 x 2 m (4 anos)	55	5	24	40	12	Villa et al. (2016)
Vegetação primária F.E.S.	146	1,6	54	230	17	Pimenta et al. (2011)
Reflorestamento de espécies nativas de 18 anos	112	1,8	42	138	9,8	Pimenta et al. (2011)
F.E.S. estágio inicial – 20 anos	88	3,5	41	174	22	Machado et al (2015)
F.E.S estágio médio – 25 anos	102	4,2	54	242	38	Machado et al (2015)
F.E.S estágio avançado – 65 anos	307	7,9	67	253	63	Machado et al (2015)

Os resultados desse estudo indicaram que, quanto menor o espaçamento do plantio, mais rápida foi a recuperação das funções de retorno de nutrientes. Porém, é necessário o acompanhamento da regeneração e sucessão das espécies florestais para atingir os resultados semelhantes aos estágios de vegetação primária, que em alguns locais indicaram o sucesso desse processo após 80 anos de idade (TEIXEIRA et al, 2020).

### 3.3 Decomposição

Aos 180 dias de coleta dos *litterbags* o resultado do teste GLM não houve diferença significativa para a taxa de decomposição  $k$  em relação aos espaçamentos ( $F= 1.04$ ;  $p= 0.392$ ) e às proporções por grupo sucessional ( $F= 0.37$ ;  $p= 0.692$ ) (Tabela 10). Também não apresentou diferença estatística para o tempo de meia vida nos diferentes espaçamentos ( $F= 1.90$ ;  $p= 0.156$ ) e entre proporção por grupo sucessional ( $F= 0.23$ ;  $p= 0.739$ ).

Os resultados dos testes estatísticos podem representar que os efeitos dos espaçamentos na área experimental, como maior número de plantas, fechamento de dossel, quantidade de serapilheira produzida não foram fatores que produziram diferenças na velocidade de decomposição. Por causa da mudança da proposta de diferentes grupos sucessionais que ocorreu ao longo do experimento não foi possível verificar um efeito das proporções de grupos sucessionais. Portanto, estudos futuros, podem incluir o inventário de campo e fatores, como microrganismos, qualidade foliar e buscar entender a dinâmica desses fatores na velocidade de decomposição.

O fator fechamento do dossel e densidade de plantas ocasionados pelo plantio em diferentes espaçamentos tiveram forte influência para a serapilheira e aporte de nutrientes, diferentemente do que se constatou para a decomposição, onde um dossel fechado ou aberto pode ter tido efeito nulo. Apesar disso o dossel fechado tende a acelerar a decomposição e causam influência positivas na decomposição (MENEZES et al., 2010), pois colabora na retenção de umidade no solo e umidade relativa do ar, enquanto um dossel mais aberto favorece o crescimento de espécies herbáceas que também colaboram para uma rápida decomposição (WALLACE , 2018).

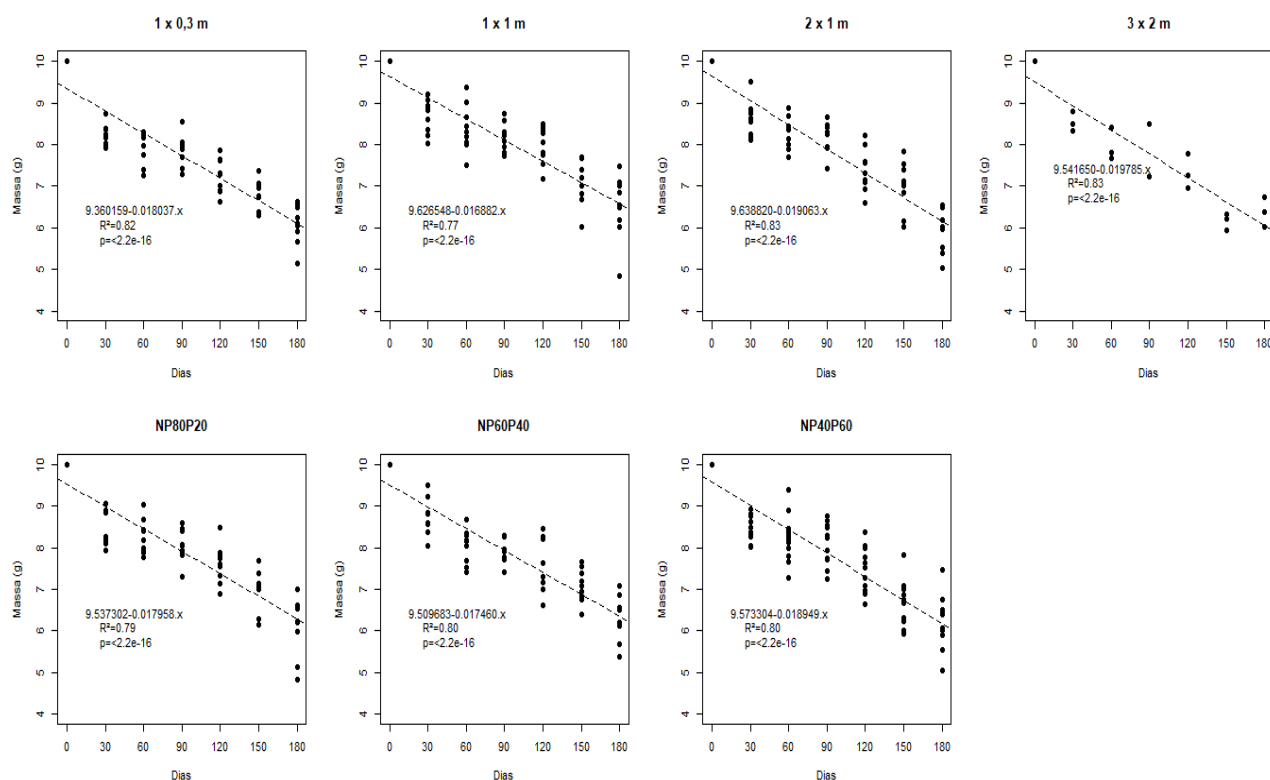
Entre os tratamentos avaliados nesse estudo, as menores constantes  $K$  foram encontradas para a proporção 60NP40P e espaçamento 2 x 1 m e, conseqüentemente, maiores tempos de meia vida.

O comportamento apresentado da velocidade de decomposição obteve uma porcentagem mais rápida nos primeiros 30 dias, alcançando decomposição média de 14,9% (Figuras 3-2 e 3-3). Entre 30 e 90 dias, houve menor taxa de decomposição entre os tratamentos (2,4%), e aumento progressivo médio de decomposição 5,2 %, 6,3% e 6,8% para 90 a 120, 120 a 150 e 150 a 180, respectivamente. Essas rampas de maior e menor velocidade podem ser explicadas pelo fato de a decomposição seguir um padrão exponencial, indicando que o processo não é constante (GRUGIKI et al., 2017; JUNIOR et al., 2019).

Avaliando a decomposição causada por efeitos antrópicos, Silva et al. (2018) verificaram média de 28% de decomposição nos 30 primeiros dias, o que atribuíram a grande contribuição do material orgânico, lixiviação de açúcares e proteínas e o segundo período mais lento à quebra de componentes recalcitrantes, como celulose e lignina. No período de 30 até 90 dias, onde ocorreu menor velocidade de decomposição no presente estudo, esse comportamento pode estar relacionado com a menor precipitação observada durante esses meses (Figura 2-2), reduzindo a atividade microbiológica do solo (GRUGIKI et al., 2017). A maior pluviosidade nos três últimos meses de avaliação, pode ter ocasionado o aumento da taxa de decomposição. A maior pluviosidade, relacionada com aumento de temperatura e umidade do solo, favorecem a ação dos microrganismos decompositores, ocasionando o aumento da taxa de decomposição da serapilheira (SANTOS et al, 2019).

TABELA 10: Constante de decomposição (K) e tempo de meia vida ( $t_{1/2}$ ) da serapilheira no último mês (180 dias) de avaliação nos diferentes modelos de restauração na área experimental em Itu, São Paulo, Brasil. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ )

Identificação	k (g.g.dia <sup>-1</sup> )	$t_{1/2}$ (dias)
Proporção por grupos sucessionais		
60NP40P	0.0026 A	280 A
60P40NP	0.0027 A	269 A
80NP20P	0.0027 A	265 A
Espaçamentos		
1 x 0,3 m	0.0028 A	257 A
2 x 1 m	0.0024 A	305 A
1 x 1 m	0.0029 A	248 A
3 x 2 m	0.0025 A	282 A



Fonte: Autor (2020)

Figura 6 Variação da perda de massa (g) da serapilheira ao longo dos meses de avaliação (7 meses) no ano de 2019 dos diferentes tratamentos de espaçamentos na área experimental em Itu, São Paulo, Brasil.

Considerando os dados climatológicos durante o período de estudo, o resultado do teste do coeficiente de correlação de Spearman, houve correlação negativa e significativa ( $p > 0,05$ ) entre as condições climáticas e a perda de massa para o mês atual e do mês anterior da coleta (Tabela 11), que indicam que a perda de massa diminui quando a temperatura e pluviosidade aumentam.

As variáveis climatológicas para o mês de coleta tiveram mais associação com a perda de massa do que o evento climático que antecedeu a coleta, indicando o efeito imediato da pluviosidade e temperatura na decomposição.

A temperatura mínima apresentou correlação mais forte com a decomposição, sendo que houve elevação contínua de temperatura de julho de 2019 (inverno) a janeiro de 2020 (verão) e decréscimo de massa nesse período.

Os resultados encontrados em Floresta Estacional Semidecidual por Pinto et al (2016) e Junior et al (2019), trazem a correlação positiva entre perda de massa e variáveis climáticas e efeito não imediato da pluviosidade, que pode ser justificado pela diferença do mês de instalação do experimento, mas é aceito entre o presente estudo e os citados, que confirmam a influência do microclima para taxa de decomposição da serapilheira.

TABELA 11: Valores do coeficiente de correlação de Spearman para a perda de massa mensal versus variáveis climáticas pluviosidade, temperatura média, máxima e mínima referente ao mês de coleta e ao mês anterior, durante o período de retirada dos *litterbgas* na área experimental em Itu, SP.

	Pluviosidade	Temperatura média	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Mês atual	-0,47	-0,66	-0,66	-0,88
Mês anterior	-0,40	-0,66	-0,66	-0,81

Comparando os resultados do presente estudo com trabalhos de outros autores (Tabela 12) é possível observar uma variação dos resultados de velocidade de decomposição em Floresta Estacional Semidecidual com diferentes estágios sucessionais, idades e restaurações florestais.

Essa variação corrobora com a hipótese de que existem multifatores que podem exercer influência no processo de decomposição, por isso, a importância de estudar a taxa de decomposição e mensurar fatores como níveis de abertura do dossel, nutrientes, tipos de folhas, temperatura, umidade, fauna, compactação do solo (NETO et al., 2015).

TABELA 12: Resultados de constante  $k$  ( $\text{g g dia}^{-1}$ ) e tempo de meia vida (dias) de estudos em floresta estacional semidecidual.

Formação vegetal	Localização	$k$ ( $\text{g.g.dia}^{-1}$ )	$t_{1/2}$ (dias)	Referência
F.E.S. estágio avançado	Pinheiral - RJ	0,0064	108	Menezes (2010)
F.E.S. estágio médio	Pinheiral - RJ	0,0038	182	Menezes (2010)
F.E.S. estágio inicial	Pinheiral - RJ	0,0044	157	Menezes (2010)
F.E.S. estágio inicial - 40 anos	Além da Paraíba- MG	0,0026	266	Neto et al (2013)
F.E.S reflorestamento, 1x1, 9 – 10 anos	Descoberto - MG	0,0026	265	Neto et al (2015)

### 3.4 Ordenação dos tratamentos em relação aos atributos da serapilheira

O resultado da análise de componentes principais (APÊNDICE 1) mostrou que 75% da variação total dos dados encontra-se associada aos eixos 1 (50%, autovalor 4,0447) e 2 (25%,

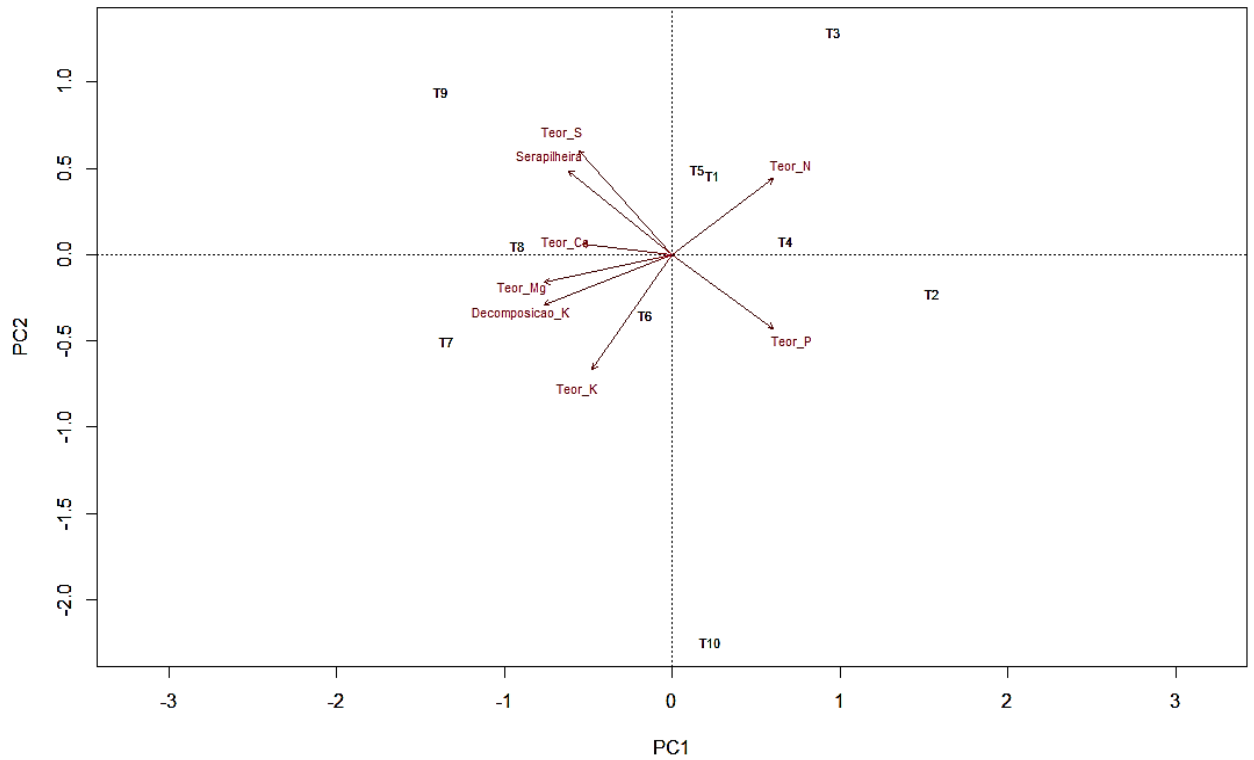
autovalor 1,9934). Isto representa que as variáveis mais associadas ao eixo 1 foram as que mais influenciaram os tratamentos (Apêndice 2).

Verificando a distância entre as unidades amostrais (Figura 3-4), podemos observar três grupos, sendo o primeiro formado por T6, T7, T8 e T9, o segundo por T1, T2, T3, T4, e T5 e o T10 isolado. O primeiro grupo (T6, T7, T8 e T9) se destacou por apresentar os maiores aportes de serrapilheira, teores de enxofre, cálcio, magnésio, potássio e alta taxa de decomposição, e menor teor de N e P. O segundo grupo (T1, T2, T3, T4 e T5) apresentou maiores teores de N e P, com destaque para T2 e T3 que tiveram somente essas variáveis com valores alto e de uma maneira intermediária T1, T4 e T5 que apresentaram aporte de serapilheira, teor de enxofre e cálcio, porém todos com menor velocidade de decomposição, teores de magnésio e potássio. O T10 se comportou de maneira isolada das demais variáveis, representando o tratamento com menor resiliência para o retorno dos processos funcionais ligados à ciclagem de nutrientes, retardando o sucesso da restauração florestal quando comparado com outros tratamentos.

A proporção por grupo sucessional não apresentou influência nos agrupamentos formados pela PCA, semelhante aos resultados já apresentados (Tabelas 6, 8 e 10). Apesar do efeito que a diversidade de espécies produz, dificilmente essa diversidade poderá superar uma espécie mais produtiva capaz de causar influência significativa no curto prazo, por sua vez, o efeito da complementariedade de espécies iguala ou supera uma espécie produtiva no longo prazo (CARDINALE et al, 2007).

O ordenamento por espaçamento foi o que apresentou maior evidência em função do aporte de nutrientes e retorno para o sistema, mostrando a rápida recuperação das funções do solo no início do processo de sucessão florestal. Comparando os valores de referência (Tabelas 7, 9 e 12) pode-se perceber que os menores espaçamentos apresentaram as maiores evoluções, mas não em todas as variáveis, indicando que nem todas as funções são alcançadas no maior nível de funcionamento. Isso evidencia a importância do agrupamento de variáveis integradas para visualizar o grau de restauração, empregando a abordagem multifuncional que oferece a vantagem de resumir grandes conjuntos de dados (STROBL et al., 2019). O resultado do T10, com espaçamento 3 x 2 m, corrobora com as observações de baixo retorno da ciclagem de nutrientes associados à esse modelo (SAMILA et al., 2017; FERNANDES et al., 2017; GALETTI et al., 2018), onde se tem baixa eficiência e resiliência ao longo do tempo. Torna-se essencial que para o uso desse modelo haja necessidade de ajustes ou uso de métodos apropriados para cada realidade e que sejam associados à ações de manejo adaptativo que propiciem o restabelecimento da cobertura do solo e o aporte de serapilheira (SAMILA et al., 2017; GALETTI et al., 2018).

Após o PCA do presente estudo, podemos reforçar a importância de se utilizar um conjunto de características funcionais para avaliar a sucessão florestal, como a utilização da serapilheira como indicador preditivo de variações em ambiente florestal (DALMASO, 2019; SCORIZA; PIÑA-RODRIGUES, 2013), a decomposição como um fator de tempo de retorno dos nutrientes ao solo e os teores de nutrientes como suporte para crescimento de novas espécies. O teor de nutrientes evidenciou ser uma variável mais explicativa que o aporte, pois o aporte de nutriente segue a tendência do aporte de biomassa (GODINHO et al., 2014). Isso reforça o conceito de que quanto mais rápido for o retorno dos processos funcionais mais se favorece o sucesso da restauração (TEIXEIRA et al, 2020) e a regeneração de novas espécies, porém a baixa oferta de nutrientes pode retardar o processo (CHU; POTTTTS, 2018).



Fonte: Autor (2020).

Figura 7 Gráficos de ordenação de Análise de Componentes Principais (PCA) com diferentes modelos de restauração, espaçamentos e proporção por grupo sucessional da área experimental em Itu, São Paulo, Brasil.



## 4 Conclusões

Os modelos estudados, na idade de 6 a 7 anos de restauração sob diferentes espaçamentos apresentaram diferença em relação ao aporte de biomassa, teor e aporte de alguns nutrientes e não apresentaram diferença significativa para decomposição. A maior produção de serapilheira e nutrientes foi verificada para o mais denso (1 x 0,3 m) e menor produção para o convencional (3 x 2 m), mas com similaridade entre os espaçamentos intermediários (1 x 1 m, 2 x 1m).

Apesar do espaçamento convencional não ter apresentado a melhor resiliência em ciclagem de nutrientes e por isso ter um cuidado maior na manutenção, ele pode ser uma alternativa de baixo custo na implantação. Já para os espaçamentos intermediários podem ser escolhidos de acordo com cada situação, ambiente ou orçamento disponível, já que não há grande diferença entre eles no seu resultado e o menor espaçamento pode ser mais caro inicialmente, mas poderá ter menor custo de manutenção.

Os diferentes tratamentos por proporções por grupo sucessional não influenciaram a decomposição, a biomassa e os teores de nutrientes, exceto para o cálcio. O tempo de restauração da área em estudo pode ter sido insuficiente para verificar respostas em relação aos grupos sucessionais entre os tratamentos e há a necessidade de levantamento fitossociológico para verificar o efeito da dominância das espécies.

O aporte da serapilheira apresentou um aumento entre os anos, com maiores aportes para folha, galhos e materiais reprodutivos.

Os teores de nutrientes de P, K e S não apresentaram diferença entre os tratamentos e o N, Mg e o Ca, alteraram entre os tratamentos, com destaque para o cálcio a que apresentou alteração entre espaçamento e proporção por grupo sucessional. A ordem de acumulação dos nutrientes seguiu N>Ca>K>Mg>S>P. O teor de nutrientes demonstrou ser uma variável mais explicativa que o aporte, pois o aporte de nutriente segue uma tendência do aporte de biomassa.

O processo da decomposição foi influenciado pelas condições climáticas e não pelas metodologias de restauração da área experimental, sendo uma sugestão para estudos futuros, inserir mais critérios de avaliação da decomposição, tais como microrganismos, qualidade foliar, abertura e fechamento de dossel, cobertura de herbáceas para verificar qual possível fator se tem mais influência no processo de decomposição.

O melhor desempenho entre os tratamentos indica uma recuperação das variáveis estudadas aos 6 e 7 anos de idade e reforça a importância da avaliação integrada para analisar o processo de evolução das funções ecológicas na restauração.

## REFERÊNCIAS

- AERTS, R. HONNAY, O. Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. **BMC Ecology**, vol. 11, no. 1, p. 29, 2011.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO R.S, et al. Aporte de serapilheira e nutrientes ao solo em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Floresta e Ambiente**. 2006; 12: 16-24.
- BRANCALION, P. S.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. **Restauração florestal**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 432 p.
- CABIANCHI, G. M. **Ciclagem de nutrientes via serapilheira em um fragmento ciliar do rio Urupá, Rondônia**. **Dissertação** (Mestrado) - Centro de energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 101 f. 2010.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Litter as an ecological indicator of forest restoration processes in a dense ombrophylous lowland forest. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. SPE1, 2019.
- CARDINALE, B. J. et al. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 46, p. 18123-18128, 2007.
- CIIAGRO. **CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS**. Disponível em: <  
<http://www.ciiagro.org.br/mensal/cmensal>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2020
- CHUA, S. C.; POTTS, M. D. The role of plant functional traits in understanding forest recovery in wet tropical secondary forests. **Science of the Total Environment**, v. 642, p. 1252-1262, 2018.
- CLARK, A.D. et al. Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. **Ecological Applications**, v.11, n.2, p.371-384, 2001.
- CORREIA, M.F.E., ANDRADE A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: Santos GA, Camargo FAO, editores. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole; 2008
- COSTA, G. S. et al. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamento de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 563-570, 2005.
- COSTA, C.C.A. et al. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na Flona de Açú - RN. **Revista Árvore**, n.34, v.2, p.259-265, 2010

CRAVEN, D. et al. Plant diversity effects on grassland productivity are robust to both nutrient enrichment and drought. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 371, n. 1694, p. 20150277, 2016.

DALMASO, C.A. et al. Estrutura florestal e serapilheira acumulada predizem a velocidade da dinâmica demográfica em florestas secundárias da Mata Atlântica. **Ecology and Forest Nutrition**, Santa Maria-RS, v.7, e09, 2019

DURIGAN, G. ENGEL, V.L. Restauração de ecossistemas no Brasil: Onde estamos e para onde podemos ir? In: MARTINS, S.V. (Org). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa, MG. Ed.: UFV, 2012. p 41-68.

DURIGAN, G.; ENGEL, V. L.; TOREZAN, J. M.; et al. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas? **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 471–485, 2010.

DICK, G; SCHUMACHER, M. V. Litterfall in the Semideciduous Seasonal Forest in Southern Brazil. **Floresta Ambiente**. Seropédica , v. 27, n. 2, e20180298, 2020 .

FERNANDES, G. E.; FREITAS, N. P. D.; RODRIGUES, F. C. M. P.-. Cobertura florestal ou função ecológica: a eficácia da restauração na bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**. n. 44, p. 127–145, 2017.

FLORIDO, F. G. **Controle de plantas competidoras na restauração ecológica**. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2015.

GALETTI, G. et al. Análise multicriterial da estabilidade ecológica em três modelos de restauração florestal. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, , n. 48, p. 142–157, 2018.

GODINHO, T. O. et al. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 11-20, 2014.

GODINHO, T. O. et al. Biomassa, macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira depositada em trecho de floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 131-144, 2013

GRUGIKI, M. A.; ANDRADE, F. V.; PASSOS, R. R.; FERREIRA, A. C. F. Decomposição e atividade microbiana da serapilheira em coberturas florestais no sul do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, p. 1-12, abr. 2017.

JACOBS, D. F. et al. Restoring forests: what constitutes success in the twenty-first century? **New For**. 46, 601–614. 2015.

JUNIOR, D. G. et al. Decomposition of Leaf Litter in Semideciduous Submontane Forest, in The Southern State of Espírito Santo. **Floresta Ambiente**. Seropédica , v. 26, n. spe1, e20180400, 2019.

KLIPPEL, V. H. et al. Acúmulo de serapilheira e nutrientes em área com diferentes metodologias de restauração florestal. **Comunicata Scientiae** 7(2): 241-250, 2016

LISBOA, A.C. **Estoque de carbono em área de recomposição florestal com diferentes espaçamentos de plantio** [dissertação]. Seropédica: Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2010.

LOPES, M.I.M.; DOMINGOS, M.; VUONO, Y.S. Ciclagem de nutrientes minerais. In: SYLVESTRE, L. S. e ROSA, M. M. T. (Org.); **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica**. Seropédica, RJ: EDUR, p.72-103, 2002.

LORENZO, L.; CAMPAGNARO, V. H. Litterfall production as a function of planting seedlings system in a two years forest restoration area in the Coastal-Plain of Caraguatuba, São Paulo, Brazil. **Revista Árvore**, v. 41, n. 3, 2017.

MACHADO, D. L. **Aporte de serapilheira, fauna edáfica e matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de restauração florestal**. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 183 f. 2016.

MACHADO, M. R.; RODRIGUES, F. C. M. P.; PEREIRA, M. G. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 143-151, jan./fev. 2008.

MACHADO, M. R. et al. Litterfall: A Bio-indicator for Edge Effect in a Semi-deciduous Seasonal Forest. **Floresta Ambiente**. Seropédica, v. 25, n. 3, e20170528, 2018.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, SP. Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fósforo. 201p. 1989.

MARTINELLI, L.A., LINS R.M., SANTOS-SILVA J.C. Fine litterfall in the Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**. 49(4): 443-451. 2017.

MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa, MG. Ed.: UFV, 2012. p 41-68.

MIYAWAKI, A. Restoration of native forests from Japan to Malaysia. In: Lieth H., Lohmann M. (eds) **Restoration of Tropical Forest Ecosystems**. Tasks for vegetation science, Springer, Dordrecht. vol 30. 1993.

MENEZES; C.E.G.; et al. Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral. RJ. **Ciência Florestal**, 20:439-452, 2010

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA. 625 p. 2002.

NETO, A.M. et al. Litter production and leaf litter decomposition in mined area in restoration process in southeast Brazil. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 9, n. 23, p. 321-327, 2015.

NETO, F. V. C. et al. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 379-387, 2013.

OLIVEIRA, R. A.C. et al. Plant diversity and local environmental conditions indirectly affect litter decomposition in a tropical forest. **Applied Soil Ecology**, vol. 134, p. 45–53, 2019.

PEGADO, C. M. A. et al. Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do Brejo da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 218-223, 2008.

PIMENTA, J.A. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. 25(1)53-57. 2011.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; REIS, L. L.; MARQUES, S. S. Sistema de plantio adensado para a revegetação de áreas degradadas da Floresta Atlântica: bases ecológicas e comparações de custo/benefício com o sistema tradicional. **Floresta e Ambiente**, n. 4, p. 30-41, 1997.

PINTO, H. C. A. et al. Decomposição da serapilheira foliar de floresta nativa e plantios de *Pterogyne nitens* e *Eucalyptus urophylla* no sudoeste da Bahia. **Ciência Florestal**. 2016.

POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em Florestas do Brasil. In: MARTINS, S.V.; et al. In: MARTINS, S. V. (Org). **Ecologia de Florestas Tropicais no Brasil**. Viçosa, MG. Ed.: UFV, 2012.

PRADO-JUNIOR, J. A. et al. Conservative species drive biomass productivity in tropical dry forests. **Journal of Ecology**, v. 104, n. 3, p. 817-827, 2016.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI M., A. Guia de interpretação de análise de solo e foliar. Vitória, ES: Incaper, 2013. 104 p. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf>.

RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997.

R Core Team. **R: Uma linguagem e ambiente para computação estatística**. R Fundação para Computação Estatística, Viena, Áustria, 2020.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Floresta Atlântica**. Piracicaba: Instituto Bio Atlântica. 264 p. 2009.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal. V1. 118p. 2017.

SAMILA, J. D. A.; FRANCO, F. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Funcionalidade Ecológica De Modelos De Restauração: Microbacia Do Ribeirão Pirai, Cabreúva, Sp. **Revista do Instituto Florestal**. v. 29, n. 2, p. 181–197, 2017.

SANTOS, G. L. et al. Ciclagem de nutrientes em diferentes condições topográficas em Floresta Estacional Semidecidual, Pinheiral-RJ. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 4, p. 1737-1747, 2019.

SCHUMACHER, M. V. et al. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande – RS. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 29-37, 2004.

SCHUMACHER, M. V. et al. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma floresta Estacional na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, [S.l.], v. 28, n. 2, p. 532-541, jun. 2018.

SCORIZA, R.N. et al. Métodos para coleta e análise de serapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Floresta e Ambiente** v.2, n.2, p. 01 - 18, 2012

SCORIZA, R.N.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Aporte de serapilheira como indicador ambiental em fragmentos de floresta estacional semidecidual em Sorocaba, SP. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 4, p. 634-640, 2013.

SER. Society for Ecological Restoration International Science e Policy Working Group. **The SER primer in ecological restoration (Version 2)**. 2004.

SILVA, W. B.; et al. Are litterfall and litter decomposition processes indicators of forest regeneration in the neotropics? Insights from a case study in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Volume 429, p 189-197, 2018.

SOARES, A. A. V. et al. Influência da composição de grupos ecológicos, espaçamento e arranjo de plantio na recuperação de matas ciliares em margem de reservatório. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1107-1118, 2016.

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

STROBL, K.; KOLLMANN, J.; TEIXEIRA, L. H. Integrated assessment of ecosystem recovery using a multifunctionality approach. **Ecosphere**, v. 10, n. 11, p. e02930, 2019.

TEIXEIRA, M. B. et al. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia**, Chile, v. 30, n. 1, p. 55-64, 2012.

TEIXEIRA, H. M. et al. Linking vegetation and soil functions during secondary forest succession in the Atlantic forest. **Forest Ecology and Management**, v. 457, p. 117696, 2020.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE/Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 124p. 1991.

VIEIRA, M. et al. Plantio misto de *Eucalyptus* spp. com leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 1, p. 16-25, 2013.

VILLA, E. B. et al. Aporte de serapilheira e nutrientes em área de restauração florestal com diferentes espaçamentos de plantio. **Floresta Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 90-99, 2016.

WALLACE, K. J. et al. Forest canopy restoration has indirect effects on litter decomposition and no effect on denitrification. **Ecosphere**, v. 9, n. 12, p. e02534, 2018.

### APENDICE 1

Species scores da correlação entre os tratamentos do estudo e os dois componentes principais obtidos a partir da PCA na área experimental em Itu, SP.

Tratamentos	Componente 1 Species scores	Componente 2 Species scores
T1	0.2380	0.46043
T2	1.5481	-0.22628
T3	0.9615	1.28917
T4	0.6796	0.07951
T5	0.1481	0.49584
T6	-0.1576	-0.35271
T7	-1.3424	-0.50052
T8	-0.9222	0.05294
T9	-1.3770	0.94570
T10	0.2240	-2.24408



## APENDICE 2

Correlação entre as variáveis do estudo e os dois componentes principais obtidos a partir da PCA para os tratamentos da área experimental em Itu, São Paulo, Brasil.

Atributo	Componente 1 Species scores	Componente 2 Species scores
Serapilheira (Serrapilheira.)	-0.7250	0.57210
Decomposição (Decomposição_k.)	-0.9001	-0.33930
Teor de nitrogênio (Teor_N)	0.7092	0.51779
Teor de fosforo (Teor_P)	0.7101	-0.50219
Teor de potássio (Teor_K)	-0.5618	-0.77951
Teor de cálcio (Teor_Ca)	-0.6322	0.07156
Teor de magnésio (Teor_Mg)	-0.8968	-0.18932
Teor de enxofre (Teor_S)	-0.6538	0.70922

## ANEXO 1

ANEXO 1. Relação de espécies utilizadas no plantio em março de 2012. Um total de 2100 indivíduos de 33 espécies distribuídas nos diferentes tratamentos.

Nome científico	Família	Classificação ecológica	Quantidades plantadas
<i>Albizia polycephala</i>	Fabaceae	NP	50
<i>Amaioua guianensis</i>	Rubiaceae	NP	50
<i>Anadananthera macrocarpa</i>	Fabaceae	NP	20
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	Apocynaceae	NP	50
<i>Bauhiniaforficata</i>	Fabaceae	P	50
<i>Cabrlea canjerana</i>	Meliaceae	NP	50
<i>Cariniana estrellensis</i>	Lecythidaceae	NP	100
<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	NP	50
<i>Ceiba speciosa</i>	Malvaceae	NP	50
<i>Centerelobium tomentosum</i>	Fabaceae	NP	100
<i>Copaiba longisdorffii</i>	Fabaceae	NP	30
<i>Croton floribundus</i>	Euphorbiaceae	P	100
<i>Croton urucurana</i>	Euphorbiaceae	P	100
<i>Cytharexylum myrianthum</i>	Verbenaceae	P	100
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Fabaceae	P	50
<i>Erythrina falcata</i>	Fabaceae	P	50
<i>Erythrina speciosa</i>	Fabaceae	P	50
<i>Hymenae courbaryl</i>	Fabaceae	NP	50
<i>Inga laurina</i>	Fabaceae	NP	50
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	Melastomataceae	NP	100
<i>Myroxylon peruiferum</i>	Fabaceae	NP	50
<i>Ocotea catharinensis</i>	Lauraceae	NP	50
<i>Ocotea dyospyrifolia</i>	Lauraceae	NP	50
<i>Peltophorum dubium</i>	Fabaceae	P	50
<i>Pterogyne nitens</i>	Fabaceae	P	50
<i>Rapanea ferruginea</i>	Pimulaceae	P	100
<i>Rapanea umbellata</i>	Pimulaceae	NP	50
<i>solanum pseudoquina</i>	Solanaceae	P	50
<i>Tabebuia avellaneda</i>	Bignoniaceae	NP	50
<i>Tabebuia roseoalba</i>	Bignoniaceae	NP	50
<i>Tabernaemontana hystrix</i>	Apocynaceae	P	100
<i>Tibouchina granulosa</i>	Melastomataceae	P	100
<i>Trema micrantha</i>	Cannabaceae	P	100

## ANEXO 2

ANEXO 2. Relação de espécies levantadas no inventário de campo realizado em Junho de 2017 nas parcelas onde foram instalados os tratamentos.

Nome científico	C.E.	Regenerantes	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<i>Albizia polycephala</i>	NP	N			5	7	2	2	9	2	3	13
<i>Bauhinia forficata</i>	P	N	2	2	4	5	5	4	4	4	2	2
<i>Cabralea canjerana</i>	NP	N		1	1	5	2	5	2	2		1
<i>Cariniana estrellensis</i>	NP	N	2	1		1	2		2		2	10
<i>Cedrela fissilis</i>	NP	N	1	1	1	4	3	3	5	1	2	5
<i>Ceiba speciosa</i>	NP	N	2		2	5	3	2	5	2	2	8
<i>Centrolobium tomentosum</i>	NP	N		2	1	7	2	3	1	3	5	15
<i>Citharexylum myrianthum</i>	P	N	6	2	8	5	5	7	4	7	20	11
<i>Copaifera langsdorffii</i>	NP	N	1			3	1		2			
<i>Croton floribundus</i>	P	N	8	5	7	7	12	6	5	10	17	16
<i>Croton urucurana</i>	P	N	13	22	7	11	12	17	13	17	17	17
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	P	N	1	2	1	5	2	3		2	1	4
<i>Erythrina speciosa</i>	P	N	2	5	5	8	7	5	4	5	4	10
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	NP	N	1		3	4	6	3	3	2	5	10
<i>Hymenaea courbaryl</i>	NP	N	1	2	3	8	5	4	2	1	1	1
<i>Inga laurina</i>	NP	N	3	5	3	7	5	4	5	6		5
<i>Myroxylon peruiferum</i>	NP	N			3	1	1	2		2	1	2
<i>Myrsine coriacea</i>	P	N	6	3	3	3	5	5	1	4		
<i>Myrsine umbellata</i>	NP	N	2	4	7	7	3	6	3	2	3	3
<i>Ocotea catharinensis</i>	NP	N		2	1	1				1		
<i>Peltophorum dubium</i>	P	N	5	3	6	8	5	3	1	7		1
<i>Pterogyne nitens</i>	NP	N	1	4	5	1	5	1	2	5		
<i>Solanum pseudoquina</i>	P	N	1	2	1	2	2	4	2	3		5
<i>Tabernaemontana hystrix</i>	P	N	1	1	1	1		2	2	1	3	6
<i>Tibouchina granulosa</i>	P	N	2	1	3	3	7	3	3	4	4	19
<i>Trema micrantha</i>	P	N	3	5	6	10	5	4	2	7	12	12