



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

RAY LUIZ BABILON CARREÇO

**CRESCIMENTO DE *Plathymenia reticulata* BENTH. SOB DIFERENTES
DOSES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO EM CONDIÇÕES DE
CAMPO**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2017

RAY LUIZ BABILON CARREÇO

**CRESCIMENTO DE *Plathymenia reticulata* BENTH. SOB DIFERENTES
DOSES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO EM CONDIÇÕES DE
CAMPO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Marcos Vinícius Winckler Caldeira

Coorientadores: Elzimar de Oliveira Gonçalves e Tiago de Oliveira Godinho

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

C315c Carreço, Ray Luiz Babilon, 1993-
Crescimento de *Plathymenia reticulata* Benth. sob diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio em condições de campo / Ray Luiz Babilon Carreço. – 2016.
71 f. : il.

Orientador: Marcos Vinícius Winckler Caldeira.

Coorientadores: Elzimar de Oliveira Gonçalves ; Tiago de Oliveira Godinho.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Árvores – Nativa. 2. Floresta Atlântica. 3. Serrapilheira acumulada. 4. Variáveis dendométricas. 5. Vinhático. I. Caldeira, Marcos Vinícius Winckler. II. Gonçalves, Elzimar de Oliveira. III. Godinho, Tiago de Oliveira. IV Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 630

**CRESCIMENTO DE *Plathymenia reticulata* BENTH. SOB DIFERENTES
DOSES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO EM CONDIÇÕES DE
CAMPO**

Ray Luiz Babilon Carreço

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

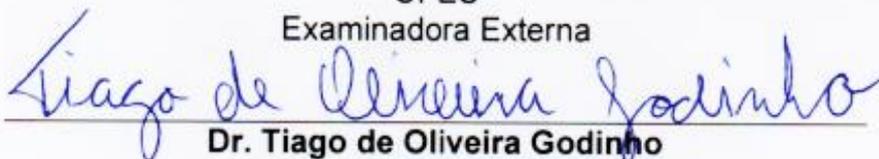
Aprovada em 14 de Fevereiro de 2017.



Dr. Ranieri Ribeiro Paula
UFES
Examinador Externo



Dr.ª Valéria Hollunder Klippel
UFES
Examinadora Externa



Dr. Tiago de Oliveira Godinho
Incaper
Coorientador



Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira
UFES
Orientador

A minha eterna e saudosa amiga Lurdinha.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradecer ao meu Pai, todo poderoso, Jesus Cristo, maravilhoso! Pela vida e força necessária para chegar até aqui.

À minha família, onde busco inspiração para vencer cada etapa.

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais pela oportunidade.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Projeto Biomas – Mata Atlântica, pelo apoio financeiro, para realização da coleta de dados.

Ao meu orientador Marcos Vinícius, por todo o apoio e direcionamento durante o curso, e desenvolvimento do trabalho.

Ao meu coorientador Tiago, que foi fundamental para o desenvolvimento dessa pesquisa, desde a coleta e análise dos dados, interpretação dos resultados e escrita do texto.

À minha equipe de campo Will, Julia, Monique, Tiago e os funcionários do Projeto Biomas – Mata Atlântica, sem vocês a coleta seria impossível.

À minha coorientadora Elzimar pela oportunidade de avaliar o experimento a qual é responsável desde a implantação.

Aos avaliadores da banca, pelas contribuições e sugestões.

A todos os professores da UFES, que lecionaram para mim durante esse curso, por toda experiência trocada.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, por todo serviço prestado.

A todos os meus amigos, em especial os do NUPEMASE (Jaqueline, Julia, Eduardo, Kallil, João Paulo, Andressa, Monique, Willian, Vítor, Juliana, Rorras, Paulo, Naiara, Marcinha, Diego, Renan, Valéria e Ranieri) pela parceria, conselhos, e acima de tudo, momentos felizes compartilhados. **MUITO OBRIGADO!!!!**

RESUMO

CARREÇO, Ray Luiz Babilon. **Crescimento de *Platymenia reticulata* em plantio puro, sob fertilização de nitrogênio, fósforo e potássio**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Coorientadores: Dr. Tiago de Oliveira Godinho; Prof. Dr^a. Elzimar de Oliveira Gonçalves.

O efeito da fertilização no crescimento em campo de espécies florestais nativas é de fundamental importância, já que são escassas informações sobre a demanda nutricional para melhor desempenho dessas espécies. Objetivou-se, avaliar o efeito da fertilização, com aplicação de diferentes doses de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), na mortalidade, crescimento (altura e DAP), fertilidade do solo, serapilheira acumulada e conteúdo de nutrientes, e no estado nutricional das árvores de *P. reticulata*, três anos após o plantio, em Sooretama-ES. O delineamento experimental foi constituído por três blocos e 11 tratamentos (T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cova⁻¹ de N, 27 g cova⁻¹ de P₂O₅, 20 g cova⁻¹ de K₂O; T3 = T2 + 20 g cova⁻¹ de N; T4 = T2 + 40 g cova⁻¹ de N; T5 = T2 + 60 g cova⁻¹ de N; T6 = T2 + 20 g cova⁻¹ de P₂O₅; T7 = T2 + 40 g cova⁻¹ de P₂O₅; T8 = T2 + 60 g cova⁻¹ de P₂O₅; T9 = T2 + 20 g cova⁻¹ de K₂O; T10 = T2 + 40 g cova⁻¹ de K₂O; T11 = T2 + 60 g cova⁻¹ de K₂O). O inventário florestal foi realizado três anos após o plantio em todas as parcelas experimentais úteis com a mensuração do diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total de todas as árvores, além da contagem de indivíduos mortos. Para a avaliação do estado nutricional das árvores, foram coletadas folhas, submetidas a análise química. Em cada uma das parcelas foram coletadas 10 amostras de serapilheira acumulada para estimar a biomassa total e determinação do teor e, posteriormente, do conteúdo de nutrientes. Nos mesmos locais coletou-se amostras simples de solo, para análise química. Não houve influência para as diferentes doses de nutrientes utilizados, para os dados de crescimento da espécie. Observou-se que quanto maior a dose de P utilizada, maior a mortalidade. As diferentes doses não interferiram no teor de macro e micronutrientes das folhas e nem na biomassa e no conteúdo de nutrientes da serapilheira acumulada. No solo observou-se, a redução nas concentrações dos atributos químicos analisados com o avanço da profundidade da coleta, e apenas K⁺ e Na⁺ tiveram diferenças entre os tratamentos, observada apenas na primeira camada analisada. De forma geral, as diferentes doses utilizadas no experimento não interferiram no plantio de *P. reticulata*, o que aponta que a espécie não é exigente em termos nutricionais.

Palavras-chave: árvore nativa, Floresta Atlântica, serapilheira acumulada, variáveis dendrométricas, vinhático.

ABSTRACT

CARREÇO, Ray Luiz Babilon. **Growth of *Platymenia reticulata* in pure planting, under fertilization of nitrogen, phosphorus and potassium.** 2017. Dissertation (Master's degree on Forest Science) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Adviser: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Co-Adviser: Dr. Tiago de Oliveira Godinho; Prof. Dr^a. Elzimar de Oliveira Gonçalves.

The effect of fertilization on field growth of native forest species is of fundamental importance, since little information is available on the nutritional demand for better performance of these species. The objective of this study was to evaluate the effect of fertilization with the application of different nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) rates on mortality, growth (height and DAP), soil fertility, accumulated litter and Nutrients, and nutritional status of *P. reticulata* trees, three years after planting, in Sooretama-ES. The experimental design consisted of three blocks and 11 treatments (T1 = no fertilization; T2 = 20 g cova⁻¹ of N, 27 g cova⁻¹ of P₂O₅, 20 g cova⁻¹ of K₂O; T3 = T2 + 20 g cova⁻¹ of N; T4 = T2 + 40 g cova⁻¹ of N; T5 = T2 + 60 g cova⁻¹ of N; T6 = T2 + 20 g cova⁻¹ of P₂O₅; T7 = T2 + 40 g cova⁻¹ of P₂O₅; T8 = T2 + 60 g cova⁻¹ of P₂O₅; T9 = T2 + 20 g cova⁻¹ of K₂O; T10 = T2 + 40 g cova⁻¹ of K₂O; T11 = T2 + 60 g cova⁻¹ of K₂O). The forest inventory was carried out three years after planting in all the useful experimental plots with the measurement of the diameter at the breast height and the total height of all the trees, besides counting dead individuals. For the evaluation of the nutritional status of the trees, leaves were collected, submitted to chemical analysis. In each of the plots were collected 10 samples of accumulated litter to estimate the total biomass and determination of the levels and, subsequently, the content of nutrients. At the same sites, simple soil samples were collected for chemical analysis. There was no influence on the different nutrient doses used for the growth data of the species. It was observed that the higher the dose of P used, the higher the mortality. The different doses did not interfere in the macro and micronutrients levels of the leaves nor in the biomass and nutrient levels of the accumulated litter. In the soil only, the reduction in the concentrations of the chemical attributes analyzed with the advance of the collection depth was observed, and only K + and Na + had differences between treatments, observed only in the first layer analyzed. In general, the different doses used in the experiment did not interfere in the planting of *P. reticulata*, which indicates that the species is not demanding in nutritional terms.

Keywords: accumulated litter, Atlantic Forest, dendrometric variables, native tree, vinhático.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. OBJETIVOS	11
1.1.1. Objetivo geral.....	11
1.1.2. Objetivos específicos.....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. Plathymenia reticulata BENTH.....	12
2.2. FERTILIZAÇÃO EM PLANTIOS FLORESTAIS	13
2.3. FUNÇÃO DOS NUTRIENTES UTILIZADOS NA FERTILIZAÇÃO	16
2.3.1. Nitrogênio (N).....	17
2.3.2. Fósforo (P)	18
2.3.3. Potássio (K).....	19
3. METODOLOGIA	21
3.1. HISTÓRICO DO EXPERIMENTO.....	21
3.1.1. Localização e caracterização da área experimental.....	21
3.1.2. Implantação, delineamento experimental e composição dos tratamentos	22
3.2. COLETA E PROCESSAMENTO DOS DADOS	25
3.2.1. Crescimento e mortalidade	25
3.2.2. Coleta e processamento das folhas	26
3.2.3. Coleta e processamento de serapilheira acumulada	26
3.2.4. Coleta e processamento do solo.....	27
3.2.5. Análises químicas de solo e tecido vegetal.....	27
3.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	28
4. RESULTADOS	29
4.1. CRESCIMENTO E MORTALIDADE	29
4.2. TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES	33
4.3. SERAPILHEIRA ACUMULADA	36
4.4. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	40
5. DISCUSSÃO	43
5.1 CRESCIMENTO E MORTALIDADE.....	43
5.2 TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES	46
5.3 SERAPILHEIRA ACUMULADA	50
5.4 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	53
6. CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
APÊNDICES	67

1. INTRODUÇÃO

Os serviços ecossistêmicos, como a fixação de carbono, conservação da água e do solo e a ciclagem de nutrientes podem ser fornecidos pela cobertura vegetal e trazem melhorias para ambientes degradados (NETO; FONSECA; CARVALHO, 2014). Dessa forma, pesquisas sobre recuperação de áreas têm se intensificado nas últimas décadas no Brasil, porém ainda são escassos trabalhos com espécies nativas. Uma alternativa de recuperação de ambientes antropizados é o plantio de florestas que podem ser manejadas, garantindo ganhos sociais, ambientais e econômicos, principalmente ao pequeno agricultor rural (OLIVEIRA et al., 2015).

No Brasil, aproximadamente 7,8 milhões de hectares eram ocupados por florestas plantadas em 2015, sendo 71,8% dessa área ocupada com eucalipto e 20,5% com pinus (IBÁ, 2016). No estado do Espírito Santo, dos 246,41 mil hectares de florestas plantadas, 93% são ocupados por eucalipto, 1% por pinus e o restante por outras espécies florestais, como por exemplo: seringueira, cedro australiano e teca (IBÁ, 2016). Observa-se, dessa forma, que há um nítido enfoque nas espécies florestais mais tradicionais no mercado, aquelas priorizadas pelas pesquisas, sem considerar os aspectos de conservação, o que deixa de lado a utilização de espécies nativas para o reflorestamento (NETO; FONSECA; CARVALHO, 2014).

Nesse contexto, a espécie *Plathymeria reticulata* Benth., nativa da Mata Atlântica e do Cerrado, conhecida popularmente como vinhático, tem sido recomendada para reflorestamentos por conter características importantes. É uma espécie secundária inicial; produz substâncias diterpênicas, responsáveis pela preservação da madeira que se torna promissora na indústria moveleira de luxo; deposita grande quantidade de folhas no solo, sendo recomendada para recuperação de áreas degradadas e o seu ciclo de corte para a madeira (DAP de 80 cm) varia entre 60 e 80 anos (CARVALHO, 2008). Além disso, apesar de não estar na lista de espécies ameaçadas, possui interesse para pesquisa e conservação devido suas vantagens (MARTINELLI; MORAES, 2013).

Entretanto, mesmo a espécie tendo grande potencial de uso econômico e ecológico, encontra barreiras quando se busca informações sobre suas exigências nutricionais (VIEIRA; OLIVEIRA; WEBER, 2015). Dessa forma, é

eminente a necessidade de estudos que avaliem o efeito da fertilização no crescimento e do estado nutricional de *P. reticulata*, uma vez que a literatura dispõe de poucos estudos relacionados com as recomendações nutricionais para sua implantação no campo.

Segundo Sorreano, Rodrigues e Boaretto (2012), o conhecimento da nutrição mineral de plantas nativas é fundamental e, nesse aspecto, a literatura é muito escassa. Além disso, a maioria dos estudos acerca dos requerimentos nutricionais e respostas ao uso de nutrientes em espécies florestais foram realizados em casa de vegetação, tendo aplicação restrita para recomendação da fertilização no campo (SOUZA et al., 2006).

De acordo com Brun et al. (2012), há necessidade da formação de um banco de dados para espécies nativas, estabelecendo faixas de limites padrões que indiquem seu estado nutricional, assim se poderá avaliar as características das espécies implantadas em ambientes de baixa fertilidade ou alterados. Para Belote e Neves (2001), se as árvores não obtiverem os nutrientes essenciais para seu crescimento, em quantidades adequadas, não terão crescimento e produtividade satisfatórios.

Para melhor compreensão das interações solo-planta, estudos do comportamento nutricional das espécies são fundamentais (VALADARES et al., 2015) e, segundo Carlos et al. (2015), podem indicar doses de nutrientes para cada espécie em diferentes condições edafoclimáticas. A análise química das plantas, por integrar os efeitos de solo, planta, clima e manejo, é uma medida útil para estimar a disponibilidade de nutrientes (COSTA et al., 2011). Esses estudos, segundo Valadares et al. (2015), são essenciais nas condições de solos tropicais cujas limitações, quanto à disponibilidade de nutrientes, estão entre os principais fatores que determinam a produtividade florestal.

Dessa forma, essa pesquisa tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de N, P e K em plantio de *P. reticulata*, com três anos de idade, em Sooretama no norte do Espírito Santo, a fim de vislumbrar como as doses influenciam no crescimento, mortalidade, fertilidade do solo, acúmulo de serapilheira e conteúdo de nutrientes nela presentes e no estado nutricional das folhas das árvores.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito da fertilização, com a aplicação de diferentes doses de N, P e K, em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Determinar a mortalidade e o crescimento das árvores aos três anos de idade de *P. reticulata* fertilizadas com diferentes doses de N, P e K;
2. Determinar os teores de nutrientes nas folhas das árvores aos três anos de idade de *P. reticulata* fertilizadas com diferentes doses de N, P e K;
3. Quantificar a serapilheira acumulada bem como o teor e o conteúdo dos nutrientes nela presentes, em plantio de *P. reticulata*, aos três anos de idade, fertilizado com diferentes doses de N, P e K;
4. Avaliar a fertilidade do solo em plantio de *P. reticulata*, aos três anos de idade, fertilizado com diferentes doses de N, P e K.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Plathymenia reticulata* BENTH.

A espécie *P. reticulata* pertence à família Fabaceae, que se caracteriza por ser a terceira maior família botânica entre as angiospermas, possuindo cerca de 700 gêneros e aproximadamente 20.000 espécies englobando árvores, arbustos, trepadeiras e ervas (JUDD et al., 2009; ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 2015). No Brasil existem aproximadamente 222 gêneros e 2.807 espécies da família Fabaceae, dos quais 15 gêneros e 1.508 espécies são endêmicas (LIMA et al., 2016).

Dentre os gêneros da família Fabaceae, o gênero *Plathymenia* Benth. é representado por árvores tropicais nativas da América do Sul, sendo encontrado no Brasil (principalmente no bioma Cerrado), na Bolívia, no norte do Paraguai e em Suriname (WARWICK; LEWIS, 2003). Inicialmente, Bentham em 1842 incluiu ao gênero duas únicas espécies, *P. reticulata* e *P. foliolosa*, mas atualmente, após estudos filogenéticos, o gênero é considerado como monoespecífico, assumindo somente a espécie *P. reticulata* (HERINGER; FERREIRA, 1972; WARWICK; LEWIS, 2003; LEMOS-FILHO; GOULART; LOVATO, 2008; MORIM, 2016).

P. reticulata é uma espécie arbórea neotropical encontrada em diferentes biomas brasileiros (MORIM, 2016). Sendo considerada como uma das mais importantes e úteis espécies vegetais do cerrado brasileiro, por ter alta qualidade madeireira e se demonstrar potencialmente importante para a recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 2002; WARWICK; LEWIS, 2003).

A espécie é popularmente conhecida como vinhático, vinhático-branco, pau-amargo, pau-de-candeia, vinhático-amarelo, harca, jarca (LORENZI, 2002; WARWICK; LEWIS, 2003). Tem maior ocorrência no sudeste brasileiro, nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, na floresta pluvial atlântica (LORENZI, 2002; LOPES; FREITAS; FILHO, 2010). Mesmo sendo característica dos biomas Cerrado e Mata Atlântica, também ocorre na Amazônia e na Caatinga (MORIM, 2016).

Compõe o estrato arbóreo e sendo uma decídua, *P. reticulata* pode atingir 30 m de altura, podendo o fuste chegar a 14 m, e 150 cm de DAP (diâmetro à

altura do peito) quando adulta. Tem ramificação dicotômica com folhas alternas e bipinadas, medindo de 15 cm a 20 cm de comprimento (CARVALHO, 2008). A floração ocorre nos meses de novembro e dezembro, junto com o surgimento de novas folhas. As flores, hermafroditas, são dispostas em inflorescências e são polinizadas essencialmente por abelhas e diversos insetos de pequena dimensão (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2008). Os frutos iniciam a maturação no final de julho, estendendo-se até o final de agosto. Cada fruto produz entre sete e 12 sementes, que possuem dispersão anemocórica (LORENZI, 2002).

Segundo Carvalho (2008), *P. reticulata* ocorre em solos de alta e baixa fertilidade química, porém, não tolera solos úmidos e nem locais muito sombreados, caracterizando-se no grupo sucessional, como uma espécie secundária inicial (SILVA et al., 2003). A madeira é muito utilizada para confecção de móveis, acabamentos internos, molduras e forros, por ter longa durabilidade natural. Além disso, a árvore, por ser exuberante, pode ser utilizada, também, em projetos de paisagismo (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2008).

2.2. FERTILIZAÇÃO EM PLANTIOS FLORESTAIS

Os nutrientes são obtidos pelas plantas na forma de íons inorgânicos do solo. Esse processo, chamado de absorção mineral, é bastante eficaz graças a capacidade das raízes em absorver esses íons em baixas concentrações da solução do solo. Partindo das raízes, os elementos são translocados para as demais partes da planta, onde serão utilizados em diversas funções biológicas (TAIZ; ZEIGER, 2013; MATHEUS et al., 2011).

Segundo Carlos et al. (2015), a fertilização de espécies florestais pode melhorar sua qualidade e produtividade, de madeira e produtos florestais, e seu estabelecimento. A fertilização de espécies florestais torna-se importante devido ao fato de que, na maioria das vezes, o solo não fornece as quantidades totais de nutrientes que as plantas precisam para crescer (BELOTE; NEVES, 2001). Para Mendes, Marengo e Magalhães (2013), além da disponibilidade de nutrientes, a proporção adequada entre os nutrientes essenciais, também é importante fator que pode interferir no ganho de biomassa e nas características fotossintéticas.

As características e quantidades de adubos a se aplicar no solo, dependerão das necessidades nutricionais da espécie e do que o solo pode fornecer, e a fertilização visará suprir essas necessidades na busca de maior produção e qualidade. Devido ao não conhecimento de doses específicas para cada espécie, tem se recomendado adubações que atendam as espécies mais exigentes, de forma que as demais espécies também tenham sua demanda nutricional atendida (GONÇALVES, 1995).

As recomendações de fertilização devem ser definidas a nível regional, nas espécies e nos solos mais representativos a partir de experimentos de campo, objetivando o estabelecimento de classes de fertilidade do solo e de resposta às fertilizações. Além disso, as recomendações de fertilização devem permitir a otimização dos recursos financeiros, assegurando a qualidade do produto florestal que poderá ser comercializado (GONÇALVES, 1995; CARLOS et al., 2015).

Por meio do conhecimento da fertilidade do solo, do clima e das condições nutricionais das árvores plantadas, será possível estabelecer estratégias de manejo nutricional para obtenção de uma produção florestal, além de sustentável, rentável. A fertilização pode interferir nas variáveis dendrométricas dos plantios florestais, como observado por Gazola et al. (2015), em plantios de eucalipto em Mato Grosso do Sul em Neossolo Quartzarênico, onde a fertilização nitrogenada influenciou positivamente o DAP e o volume das árvores e a fertilização fosfatada e potássica aumentaram a altura, DAP e consequentemente, o volume.

Em outro trabalho, realizado por Ros et al. (2016), os autores observaram, em Latossolo Vermelho no Rio Grande do Sul, que na ausência de fertilização nitrogenada houve redução da altura, diâmetro da copa e DAP, em plantios de eucalipto e cedro australiano. Na mesma pesquisa, a ausência de fertilização com P e K não influenciou o crescimento, ressalta-se que o eucalipto apresenta crescimento rápido por ser uma espécie pioneira. Segundo Dias et al. (2014), como os solos do Brasil, em sua maioria, são intemperizados e com baixa disponibilidade de P, algumas espécies tendem a responder de forma significativa a fertilização fosfatada. Justificando que essas diferenças, observadas pelas pesquisas, variam de acordo com o tipo de solo, da espécie, do clima, da dose aplicada e dos fertilizantes utilizados.

A quantidade de nutrientes encontradas nos diferentes compartimentos na parte aérea, nas raízes, na serapilheira e no solo são importantes para compreensão da estrutura do ecossistema, em especial ao que diz respeito à disponibilidade de nutrientes para as plantas (GATTO et al., 2014). Dessa forma, sabe-se que a fertilização pode influenciar nos teores de nutrientes contidos na biomassa das plantas. Um exemplo dessa influência foi observado por Gazola et al. (2015), onde a fertilização com diferentes doses de K aumentou as concentrações foliares de K e diminuiu as de Ca e Mg nas folhas. Esses autores observaram que, a ausência de fertilização não interferiu no teor adequado dos macronutrientes na planta, fato descrito também por Silva et al. (2012), em povoamento de eucalipto em Minas Gerais.

A disponibilidade de nutrientes para as plantas é determinada pela capacidade do solo em fornecê-los e a capacidade da planta em utilizá-los, e as técnicas silviculturas exercem influência sobre essa disponibilidade. A fertilização, por exemplo, após seis meses de análise em consórcio de paricá com braquiarião, no estado do Maranhão em Latossolo Vermelho distrófico, promoveu efeitos positivos nos atributos químicos do solo, diminuindo a acidez potencial e elevando os valores de pH, capacidade de troca de cátions, soma de bases e teores de Ca e Mg (SILVA, 2015).

De forma geral, espécies florestais possuem maior eficiência de utilização dos nutrientes, quando comparadas a culturas agrícolas, pois parte dos nutrientes retirados do solo, retornam ao sistema por meio da deposição de serapilheira produzida durante o crescimento das árvores. O conhecimento sobre essa dinâmica, fornece informações importantes para o planejamento de ações voltadas às práticas silviculturas, como o manejo da fertilização, por exemplo (SANTOS et al., 2014). Segundo Gatto et al. (2014), a serapilheira constitui uma das principais fontes de nutrientes do sistema. Sabe-se que o acúmulo de serapilheira está ligado a diversos fatores, como: o tipo de vegetação; herbivoria; clima e atributos do solo, que influenciam nas taxas de decomposição e da fertilização florestal (VIEIRA; SCHUMACHER, 2010).

A fertilização, que pode exercer influência no crescimento, está intimamente ligada ao acúmulo de serapilheira sobre o solo (BRUN; FERRAZ; ARAÚJO, 2013). Após o fechamento das copas, Miller (1995) relata que, a demanda nutricional das árvores pode passar a ser suprida pela ciclagem de

nutrientes. Isso acontece porque a serapilheira acumulada sobre o solo, fornece nutrientes para as plantas, por meio da sua decomposição (ciclo biogeoquímico). Esse fato foi observado em plantio de eucalipto, onde, a partir dos dois anos, se mostraram não responsivos a fertilização devido a boa estrutura de dossel (LACLAU et al., 2010).

Em locais onde as árvores são plantadas em espaçamentos mais adensados, a quantidade de serapilheira acumulada também aumenta. Geralmente, em menores espaçamentos as árvores têm menor crescimento, o que ocasiona menor velocidade de decomposição da serapilheira e conseqüentemente maior acúmulo, como observado por Brun, Ferraz e Araújo (2013).

A quantidade de nutrientes presentes na serapilheira acumulada depende de diversos fatores, como a espécie e a capacidade de redistribuição de nutrientes dentro da planta, pelo ciclo bioquímico, antes da senescência foliar. A fertilização também pode afetar os teores de nutrientes na serapilheira, como foi observado por Silva et al. (2012), em que houve aumento dos teores de Ca, K, Mg e S na serapilheira acumulada, em plantios de eucalipto submetidos a fertilização pós desbaste em Minas Gerais.

São escassos os estudos que envolvem a silvicultura de espécies nativas com a finalidade de produção madeireira, dos existentes poucos investigam sobre os aspectos das relações ecológicas, ficando restritos apenas a avaliações de variáveis dendrométricas. Dessa forma, fica evidente a importância de estudos que envolvam, além do crescimento, a nutrição da espécie e sua ciclagem de nutrientes (BRUN et al., 2013).

2.3. FUNÇÃO DOS NUTRIENTES UTILIZADOS NA FERTILIZAÇÃO

Muitas vezes, o solo não fornece as quantidades necessárias de nutrientes, que as plantas precisam para crescer (BELOTE; NEVES, 2001). Dessa forma, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), é necessário conhecer as funções exercidas, por esses elementos nas plantas, pois a partir dessas informações entendemos como as plantas vivem e como funcionam sua demanda por nutrientes.

Elementos essenciais são aqueles que a ausência impede a planta de completar seu ciclo de vida ou que possuem um papel fisiológico claro (TAIZ; ZEIGER, 2013; EPSTEIN; BLOOM, 2006). Os elementos que são requeridos em grandes quantidades pelas plantas são chamados de macronutrientes e os requeridos em pequenas quantidades são chamados de micronutrientes. É importante salientar que todos os elementos essenciais são encontrados dentro da planta, mas nem todos os elementos encontrados dentro da planta são essenciais (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Os macronutrientes são: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, carbono, oxigênio e hidrogênio. A quantidade desses nutrientes na matéria seca é muito variável, mas normalmente são requeridos em quantidades superiores a 1.000 mg kg^{-1} na matéria seca. Os micronutrientes são: boro, cloro, cobalto, cobre, ferro, manganês, molibdênio, níquel, selênio, silício e zinco. A quantidade desses nutrientes na matéria seca, assim como os macronutrientes, também é muito variável, mas normalmente são requeridos em quantidades inferiores a 1.000 mg kg^{-1} na matéria seca (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Sabe-se que o suprimento inadequado de um desses elementos essenciais pode resultar em distúrbios nutricionais, ocasionando danos as plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Portanto, para se propor pesquisas relacionadas a fertilização e exigências nutricionais de espécies é importante se conhecer as principais funções desses nutrientes para as plantas. A seguir estão descritas as principais informações referentes aos nutrientes utilizados na fertilização de *P. reticulata*, nessa pesquisa.

2.3.1. Nitrogênio (N)

Segundo Epstein e Bloom (2006), o N está envolvido nos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular. Ainda, segundo os autores, o nutriente participa da estrutura de aminoácidos e proteínas, bases nitrogenadas e ácidos nucleicos, enzimas e coenzimas, vitaminas, glico e lipoproteínas, pigmentos e produtos secundários. Também

está envolvido nos processos de formação e desenvolvimento das gemas floríferas e frutíferas.

As plantas requerem N em quantidade superior a qualquer outro nutriente mineral, com exceção do K em algumas culturas, além disso absorvem ou adquirem o N de diferentes formas: N₂ (absorvido por meio da associação com bactérias do gênero *Rhizobium*, por exemplo nas leguminosas), aminoácidos, uréia, amônio (NH₄⁺) e, em condições naturais e aeróbicas, nitrato (NO₃⁻) (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; TAIZ; ZEIGER, 2013, SORREANO; RODRIGUES; BOARETTO, 2012). Segundo Bredemeier e Mundstock (2000), a taxa e a quantidade de N absorvido e assimilado durante o ciclo da planta, dependem da presença de carregadores específicos presentes na membrana plasmática, da atividade das enzimas envolvidas no seu ciclo, da energia necessária disponível para os processos de absorção e assimilação e do estágio de desenvolvimento do vegetal.

O N é transportado no xilema e redistribuído principalmente no floema, em processos muito rápidos. Além disso, transloca-se das regiões mais velhas do vegetal para as mais jovens, que estão com o crescimento ativado, e sua disponibilidade geralmente limita a produtividade das plantas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; EPSTEIN; BLOOM, 2006). Geralmente existe relação entre a fotossíntese e o teor de N foliar, pois esse nutriente é componente essencial da enzima rubisco, importante no processo de fixação de carbono. (TAIZ; ZEIGER, 2013; MENDES; MARENCO; MAGALHÃES, 2013). Para que a planta tenha um crescimento adequado o teor de N geralmente fica dentro da faixa entre 20 e 50 g kg⁻¹ de matéria seca da planta (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; FURLANI, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2013; EPSTEIN; BLOOM, 2006; NOVAIS et al., 2007).

2.3.2. Fósforo (P)

O P acelera a formação das raízes, aumenta a frutificação e ajuda na fixação simbiótica de N (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Segundo Furlani (2004), o P tem função estrutural (ácidos nucléicos, fosfolipídeos, coenzimas). Em trabalho realizado por Sorreano, Rodrigues e Boaretto (2012), os autores complementam que, o P é um tradutor e transportador de energia

química, como, por exemplo, na adenosina trifosfato (ATP). A deficiência desse nutriente, ocasiona redução do crescimento e da taxa de matéria seca da parte aérea e da raiz, afetando conseqüentemente a formação de frutos e sementes (TAIZ; ZEIGER, 2013; SORREANO; RODRIGUES; BOARETTO, 2012).

O P é absorvido pelas plantas, geralmente, na forma iônica H_2PO_4^- (fosfato), e juntamente com o N, é o elemento mais prontamente redistribuído (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; EPSTEIN; BLOOM, 2006). O teor requerido pelas plantas para um crescimento ótimo está na faixa de 0,5 e 5 g Kg^{-1} de matéria seca (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; FURLANI, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2013; EPSTEIN; BLOOM, 2006; NOVAIS et al., 2007).

O fosfato participa de quase todo o metabolismo de energia nas plantas, desde a fotossíntese até a respiração, possuindo grande demanda e tornando-se essencialmente importante para o crescimento normal do vegetal (SORREANO; RODRIGUES; BOARETTO, 2012; PEREIRA et al., 2015). Segundo Santos et al. (2016), o P é o elemento mais demandado em fertilização no Brasil, devido sua baixa disponibilidade no solo, aliado à forte interação do P com a argila, o que reduz sua absorção pelas plantas.

2.3.3. Potássio (K)

O K participa de diversos processos, dentre os quais: abertura e fechamento de estômatos, balanço de cátions e ânions, relações hídricas na planta, transposição de carboidratos, síntese de proteínas, respiração, alongamento celular, estabilização do pH no citoplasma neutralizando ânions orgânicos e inorgânicos, ativação enzimática de um grande número de enzimas, transporte de açúcares no floema e fixação simbiótica do N (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; PORTO et al., 2013).

Para Furlani (2004), a deficiência de K retarda o crescimento, e a concentração ideal de K aumenta a utilização de água no corpo vegetal, aumentando sua resistência a secas, geadas, pragas e moléstias. Além disso, o teor de K para um crescimento ótimo está entre 6 e 50 g kg^{-1} de matéria seca (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; FURLANI, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2013; EPSTEIN; BLOOM, 2006; NOVAIS et al., 2007).

O K é o cátion mais abundante no citoplasma, sendo absorvido da solução do solo em grandes quantidades pelas raízes na forma do íon K^+ (SANTOS et al., 2016). A absorção desse nutriente é altamente seletiva e está intimamente acoplada a atividade metabólica (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Segundo Sorreano, Rodrigues e Boaretto (2012), baixos teores de Cálcio (Ca) contribuem para melhor absorção do K, já que os íons de K^+ são monovalentes e os íons de Ca^{2+} são bivalentes, ocorre, dessa forma, inibição competitiva.

Os autores Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) relatam que, a redistribuição do K pelo floema é fácil, o elemento vai das folhas e órgãos mais velhos para os mais novos ou para frutos em crescimento. Além disso, o K possui alta mobilidade nas plantas, em todos os níveis (células e tecidos), sendo transportado a longa distância via xilema e floema. Isso ocorre porque o K não participa da estrutura permanente de nenhum composto orgânico (TAIZ; ZEIGER, 2013; EPSTEIN; BLOOM, 2006).

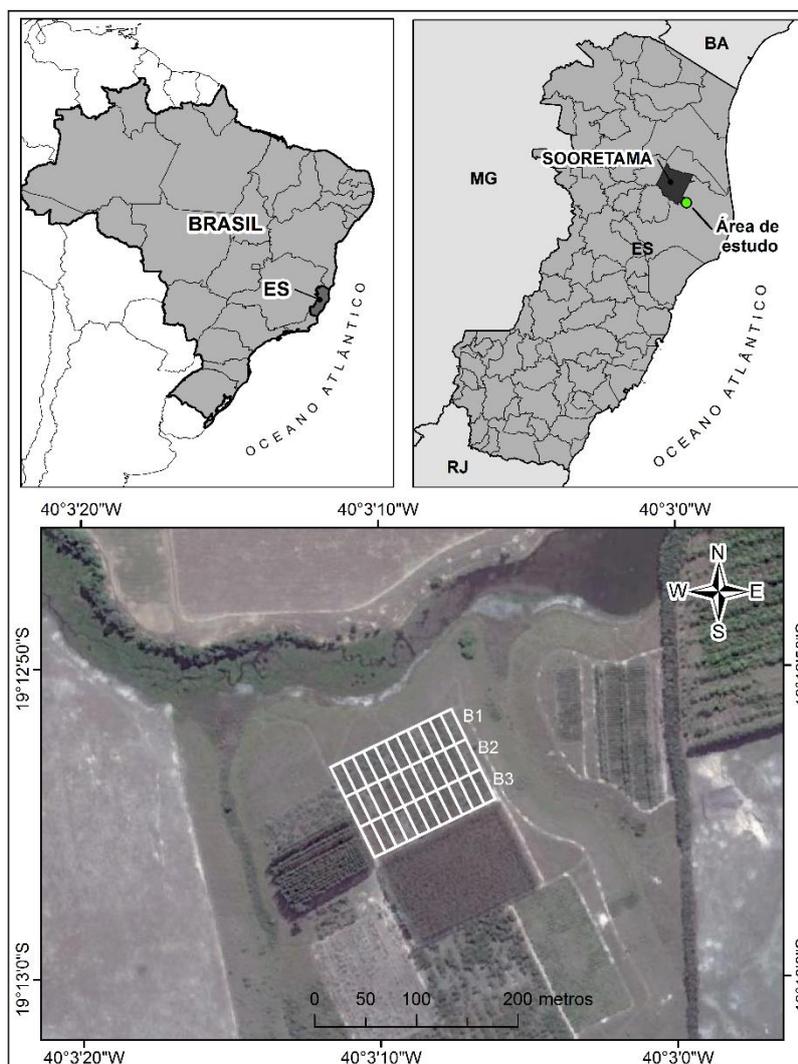
3. METODOLOGIA

3.1. HISTÓRICO DO EXPERIMENTO

3.1.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi instalado no município de Sooretama, norte do estado do Espírito Santo, entre as coordenadas $19^{\circ} 12' S$ e $40^{\circ} 3' O$. Compreendendo 1,31 hectares (ha) (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área do estudo no Município de Sooretama-ES.



Área destacada: local onde estão inseridos os três blocos do experimento, com respectivas parcelas amostrais (tratamentos), com plantio de *P. reticulata*. Fonte: ARAÚJO, 2015.

O experimento faz parte do projeto Biomas, que possui toda a sua estrutura de pesquisa disposta em três grandes temáticas: Área de Preservação Permanente - APP, Área de Reserva Legal - ARL e Área de Sistema de Produção – ASP (PROJETO BIOMAS, 2016). Assim, os estudos em cada bioma são efetuados em duas propriedades – referência (propriedade com cobertura vegetal nativa) e experimental (propriedade com atividade agropecuária), com a realização de pesquisas de cunho diagnóstico e de monitoramento. No projeto Biomas Mata Atlântica, a área experimental está localizada na Fazenda São Marcos em Sooretama, ES e a área de referência na Reserva Natural Vale – Linhares, ES, com vegetação primária classificada como Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas.

O local do experimento está situado em área de domínio Floresta Atlântica, com clima Aw, segundo a classificação de Köppen. Sendo tropical quente úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno com precipitação média anual de 1.276 mm e temperatura média anual do ar de 23,5°C (ALVARES, et al., 2013).

O solo da área é caracterizado como Argissolo Amarelo, tendo textura arenosa média e relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2012). Antes do plantio o local era ocupado por capim quicuío (*Pennisetum clandestinum*), utilizado para pastagem.

3.1.2. Implantação, delineamento experimental e composição dos tratamentos

O preparo da área para a implantação do experimento foi iniciado em novembro de 2012, com a coleta de solo em sete pontos aleatórios na área. As amostras foram homogeneizadas sendo retirada de cada profundidade uma amostra composta com aproximadamente 500 g de solo para as análises químicas. As análises químicas do solo foram realizadas conforme metodologia descrita por EMBRAPA (2009) (Tabela 1). O controle de plantas espontâneas foi realizado por meio da aplicação do herbicida a base de glifosato em toda a área do experimento, visando facilitar as atividades de plantio e condução do experimento.

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo antes da implantação do experimento.

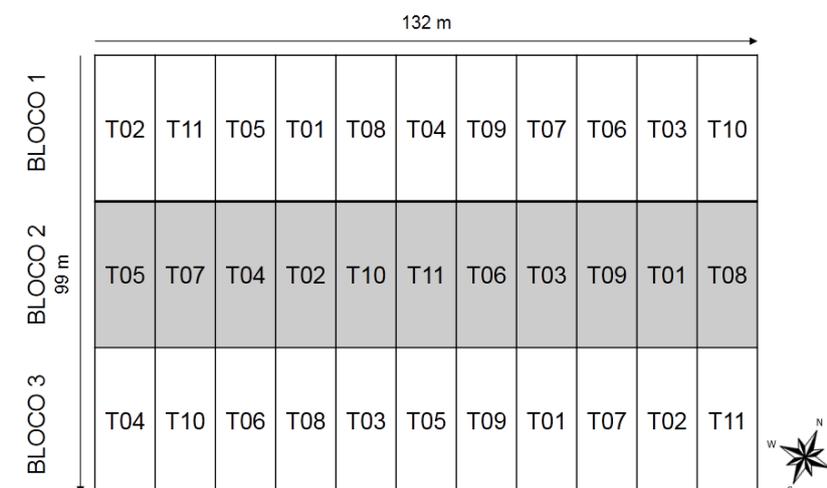
Prof. (cm)	pH	Al ³⁺	H ⁺ Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	t	T	P	MO	V	m
	CaCl ₂	-----cmol _c dm ⁻³ -----								mg dm ⁻³	g kg ⁻¹	----%----	
0-12	4,6	0,2	2,9	1,0	0,6	0,1	1,7	1,9	4,7	1,5	19,9	37,3	9,40
12-30	4,6	0,2	3,1	1,4	0,4	0,1	1,9	2,1	4,9	0,4	17,7	37,3	11,3
30-60	4,6	0,3	3,1	1,2	0,3	0,1	1,6	1,9	4,8	0,3	14,8	34,2	17,8

Em que: pH: relação 1:2,5; P - K: Extrator Mehlich-1; Ca - Mg - Al: Extrator KCL - 1mol.L⁻¹; H + Al: Correlação com pH SMP; SB - Soma de bases trocáveis; t = capacidade de troca de cátions efetiva; T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V - Índice de saturação em bases; m = Índice de saturação em alumínio; MO: matéria orgânica.

A correção do solo para o plantio consistiu na aplicação manualmente de 1,0 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico. Em sequência o solo foi subsolado na profundidade de 60 cm, com a finalidade de facilitar o crescimento do sistema radicular das plantas.

O delineamento experimental se deu por meio de três blocos dispostos na área (4.356 m²/bloco), cada bloco foi subdividido em 11 parcelas de 12x33 m (396 m²/parcela). Em cada parcela foi alocado aleatoriamente um tratamento (Figura 2).

Figura 2 – Croqui da disposição dos blocos e dos tratamentos do plantio de *P. reticulata* do estudo.



Cada tratamento foi composto por um conjunto de árvores dispostas em quatro fileiras contendo 11 plantas cada, entretanto, para as mensurações considerou-se uma bordadura simples, sendo a parcela útil as duas linhas centrais com nove árvores, totalizando 18 árvores úteis por parcela.

Os tratamentos foram distribuídos em matriz baconiana (TURRENT, 1979), na qual um dos nutrientes é fornecido em quantidades variáveis, enquanto os outros são mantidos em um nível referencial. Os tratamentos foram constituídos de diferentes doses de N, P e K, além da formulação referencial e um tratamento sem fertilização (Tabela 2). O plantio foi feito em covas, nas dimensões de 30x30x30 cm, e as mudas de *P. reticulata* foram plantadas no espaçamento de 3x3 m.

Tabela 2 - Tratamentos referentes às doses de nutrientes aplicada por cova no plantio de *P. reticulata*.

Tratamentos	N (g cova ⁻¹)	P ₂ O ₅ (g cova ⁻¹)	K ₂ O (g cova ⁻¹)
T1 - Testemunha	0	0	0
T2 - Referência	20	27	20
T3 - Variando N	40	27	20
T4 - Variando N	60	27	20
T5 - Variando N	80	27	20
T6 - Variando P	20	47	20
T7 - Variando P	20	67	20
T8 - Variando P	20	87	20
T9 - Variando K	20	27	40
T10 - Variando K	20	27	60
T11 - Variando K	20	27	80

Fonte dos nutrientes: N = ureia; P₂O₅ = superfosfato simples; K₂O = cloreto de potássio.

As mudas foram obtidas na Reserva Natural Vale, Linhares - ES, e o plantio ocorreu adicionando-se hidrogel hidratado às covas. No plantio, realizado em março de 2013, todas as doses de P previstas no experimento foram aplicadas de acordo com o tratamento específico. Assim como cinco gramas de sulfato de zinco por cova. Estes foram misturados à terra de preenchimento da cova.

A aplicação do N e do K foi efetuada da seguinte maneira: 35 % da dose total três meses após o plantio; 35% seis meses após o plantio e os 30 % restante um ano após plantio. Juntamente à primeira fertilização de cobertura foram aplicados também 10 g de bórax por cova. A aplicação foi realizada por meio de covetas circundando a muda.

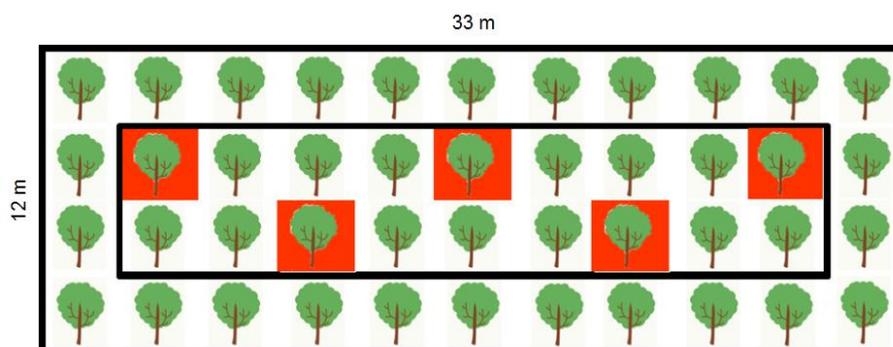
O combate à formiga foi realizado ao longo do experimento conforme a necessidade da ação, sendo realizado na área total com a finalidade de eliminar

os formigueiros. Devido às condições climáticas do local no período do plantio, foi necessária a colocação de cobertura morta no entorno das mudas, com a finalidade de reter umidade e amenizar a temperatura do solo, e por consequência a evapotranspiração.

3.2. COLETA E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Para a coleta de dados, foi considerado a parcela útil. Na parcela foram coletados os dados referentes ao crescimento, de folhas, serapilheira e solo para análises químicas (Figura 3).

Figura 3 – Esquema de uma parcela, com a localização das árvores para coleta de folhas, serapilheira e solo.



Linhas externas: borda da parcela, linhas internas: exclusão da bordadura para avaliação do crescimento das árvores. Árvores destacadas em vermelho: locais de coleta de solo e de serapilheira (uma coleta na linha e outra na entrelinha de cada árvore) e coleta de folha (uma folha de cada ponto cardeal da árvore). Fonte: o autor.

3.2.1. Crescimento e mortalidade

O inventário florestal foi realizado aos três anos de idade, na parcela útil em todas as parcelas experimentais, em abril de 2016. De todas as árvores foram medidos os diâmetros à altura do peito (DAP) a 1,3 m acima do solo, com o auxílio de uma fita diamétrica e a altura total, com uma régua telescópica.

Os dados foram distribuídos em classes diamétricas e hipsométricas, abrangendo todas as variações ocorridas no povoamento, e foi determinado a área basal média de cada tratamento, seguindo metodologia proposta por Soares, Paula-Neto e Souza (2007). A mortalidade foi determinada a partir da

contagem das árvores presentes na parcela útil, dessa forma foi possível determinar a percentagem de indivíduos mortos em cada tratamento.

3.2.2. Coleta e processamento das folhas

No intuito de avaliar o estado nutricional das árvores de *P. reticulata* nos diferentes tratamentos, realizou-se a coleta de folhas em abril de 2016, três anos após o plantio, no início do outono, conforme recomendado para a maioria das essências florestais (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). A coleta se deu em zigue-zague na parcela útil (Figura 3) e coletou-se uma folha em cada ponto cardeal na parte intermediária da copa árvore, totalizando 20 folhas por parcela (FAQUIN, 2002; ESPIG et al., 2008; BRUN et al., 2012).

As 20 folhas por parcela formaram uma amostra composta. As amostras foram levadas para secagem (em estufa de circulação forçada de ar, a 60° C até massa constante), moagem (em moinho tipo Willey) e armazenamento (em sacos de papel) e posteriormente enviadas ao laboratório para realização das análises químicas (FAQUIN, 2002).

3.2.3. Coleta e processamento de serapilheira acumulada

Na projeção de dois pontos de coleta das folhas, sendo um na linha e outro na entrelinha de plantio, foram coletadas amostras simples de serapilheira acumulada. Perfazendo um total de 10 amostras simples por parcela, nas mesmas épocas da coleta de folhas. A operação foi realizada com o auxílio de um gabarito metálico de 0,25 m x 0,25 m.

Posteriormente à secagem (em estufa de circulação forçada de ar, a 60° C até massa constante) e mensuração da massa seca, as 10 amostras de cada parcela foram unidas formando uma amostra composta. A quantidade de serapilheira acumulada foi quantificada para megagrama por hectare (Mg ha⁻¹). Em seguida, foram trituradas em moinho do tipo Willey, passadas em peneiras de malha 1,0 mm, armazenadas em sacos de papel e enviadas para análise química.

3.2.4. Coleta e processamento do solo

Após a coleta da serapilheira, nos mesmos pontos, com o auxílio de um trado tipo sonda de 40 cm, foram coletadas amostras de solo. Sendo representativas em cada uma das parcelas experimentais, nas profundidades de 0-5; 5-10 e 10-20 cm, as 10 amostras por profundidade, foram homogeneizadas para obtenção de uma amostra composta por parcela em cada profundidade. Posteriormente as amostras foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneira de 2 mm de malha, formando-se amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) (EMBRAPA, 2009). Depois de serem armazenadas em sacos plásticos foram enviadas ao laboratório para análises químicas.

3.2.5. Análises químicas de solo e tecido vegetal

A determinação dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn e B) das folhas foram realizadas conforme metodologia descrita por EMBRAPA (2009) e Tedesco et al. (1995). As análises de tecido vegetal de N foram realizadas por digestão sulfúrica (método Kjeldahl) com determinação titulométrica, do B por digestão seca e dos demais por digestão úmida; P, S e B foram lidas no espectrofotômetro UV-VIS; K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn foram lidas no espectrofotômetro de absorção atômica (EAA). O teor de carbono orgânico ($C_{org.}$) foi analisado em equipamento específico para análise de carbono, o analisador LECO modelo C-144. Esse aparelho analisa o carbono pela combustão total.

As análises químicas dos solos foram realizadas conforme metodologia descrita por EMBRAPA (2009), sendo avaliados os seguintes atributos: pH em água, P, K, Na (método Mechich-1), Ca, Mg, Al (método KCl – 1 mol L^{-1}), H + Al (pH SMP), SB - Soma de bases trocáveis, T – Capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC), V – Índice de saturação em bases, m – Índice de saturação em alumínio, MO - Matéria Orgânica (método colorimétrico).

3.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os valores da mortalidade, dos atributos químicos do solo, variáveis dendrométricas, biomassa e conteúdo dos nutrientes de serapilheira e os teores de nutrientes nas folhas foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homocedasticidade (Box-Cox).

Os dados de variáveis dendrométricas, mortalidade e biomassa de serapilheira acumulada tiveram normalidade e, dessa forma, prosseguiu-se com a Análise de Variâncias (ANOVA), teste F e se necessário teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de atributos químicos do solo, conteúdo de nutrientes da serapilheira acumulada e teor de nutrientes das folhas, como não tiveram normalidade e nem homogeneidade de variâncias, foram transformados, mas ao continuarem sem normalidade e homogeneidade optou-se pelo teste não-paramétrico de Friedman (PESSOA, 1977) ao nível de 5% de probabilidade.

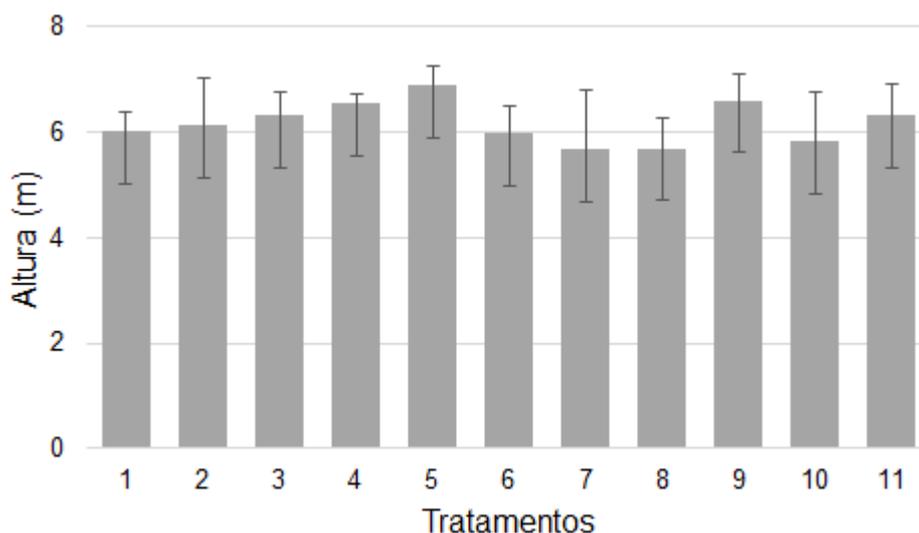
Para as análises estatísticas foi utilizado o programa ASSISTAT 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2002).

4. RESULTADOS

4.1. CRESCIMENTO E MORTALIDADE

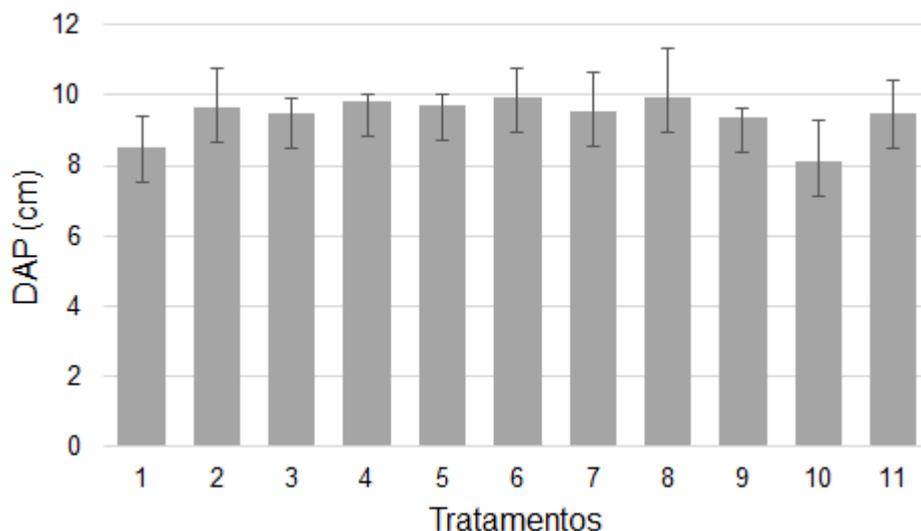
Considerando os dados de crescimento em altura e DAP o teste F não foi significativo (Apêndices A, B e C), ou seja, as doses utilizadas nos diferentes tratamentos do plantio de *P. reticulata* não interferiram no crescimento da espécie. Observa-se na Figura 4, as médias das alturas dos indivíduos, sendo a média geral de 6,18 m. Para o DAP a média geral entre os tratamentos foi de 9,42 cm (Figura 5).

Figura 4 – Média da altura (m) nos diferentes tratamentos do plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.



Em que: Barras = desvio padrão. Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cov^a-¹ de N, 27 g cov^a-¹ de P₂O₅, 20 g cov^a-¹ de K₂O; T3 = T2 + 20 g cov^a-¹ de N; T4 = T2 + 40 g cov^a-¹ de N; T5 = T2 + 60 g cov^a-¹ de N; T6 = T2 + 20 g cov^a-¹ de P₂O₅; T7 = T2 + 40 g cov^a-¹ de P₂O₅; T8 = T2 + 60 g cov^a-¹ de P₂O₅; T9 = T2 + 20 g cov^a-¹ de K₂O; T10 = T2 + 40 g cov^a-¹ de K₂O; T11 = T2 + 60 g cov^a-¹ de K₂O. Fonte: o autor.

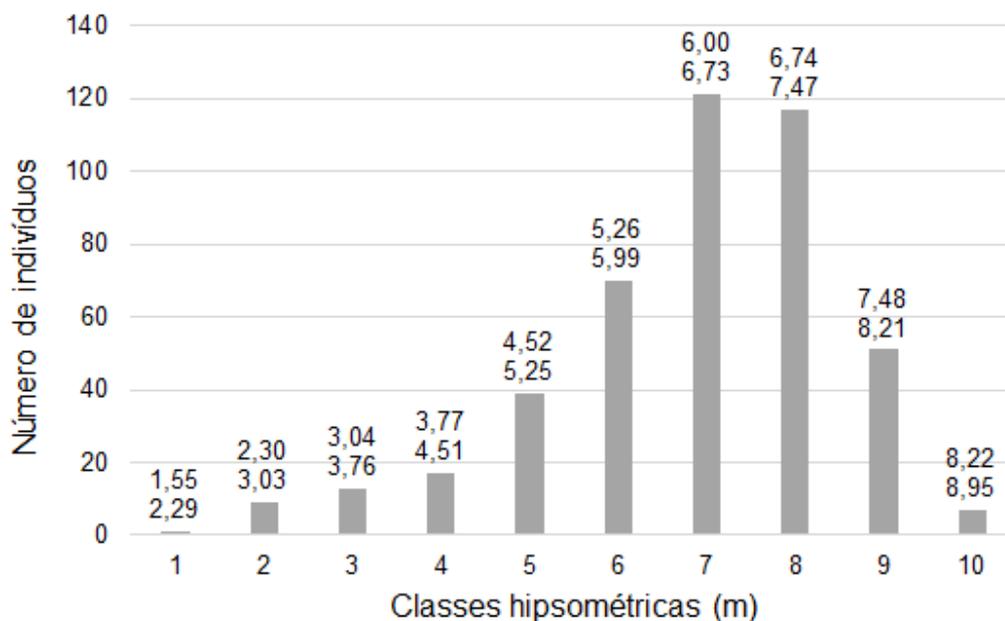
Figura 5 – Média do DAP (cm) nos diferentes tratamentos do plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.



Em que: Barras = desvio padrão. Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cov^a de N, 27 g cov^a de P₂O₅, 20 g cov^a de K₂O; T3 = T2 + 20 g cov^a de N; T4 = T2 + 40 g cov^a de N; T5 = T2 + 60 g cov^a de N; T6 = T2 + 20 g cov^a de P₂O₅; T7 = T2 + 40 g cov^a de P₂O₅; T8 = T2 + 60 g cov^a de P₂O₅; T9 = T2 + 20 g cov^a de K₂O; T10 = T2 + 40 g cov^a de K₂O; T11 = T2 + 60 g cov^a de K₂O. Fonte: o autor.

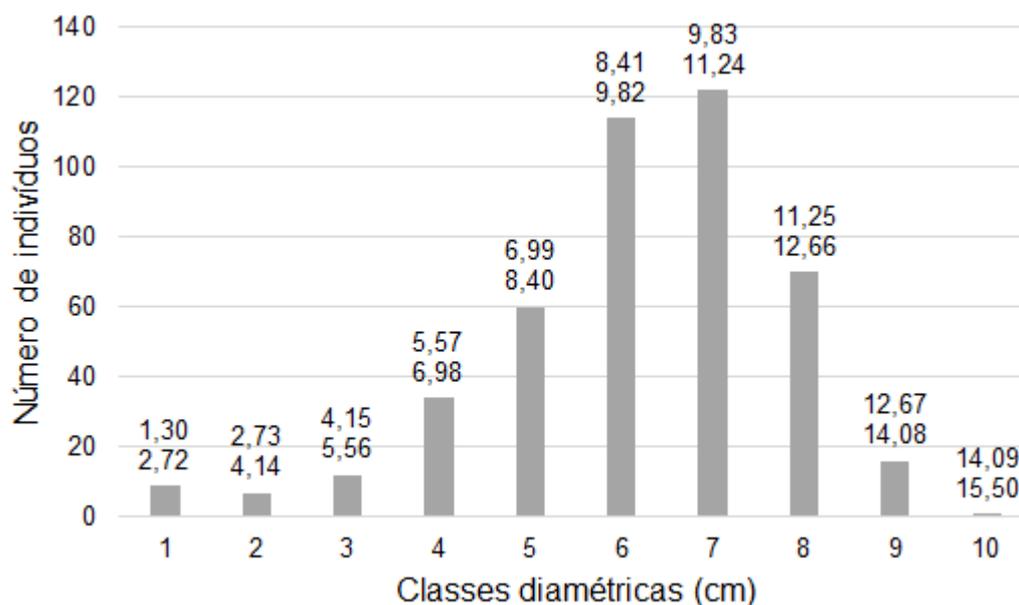
A distribuição hipsométrica teve 10 classes (445 indivíduos). O maior número de indivíduos ocorreu na classe 7, com 27,19%, seguido pela classe 8, com 26,29%.

Figura 6 – Classes hipsométricas para altura (m) do plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.



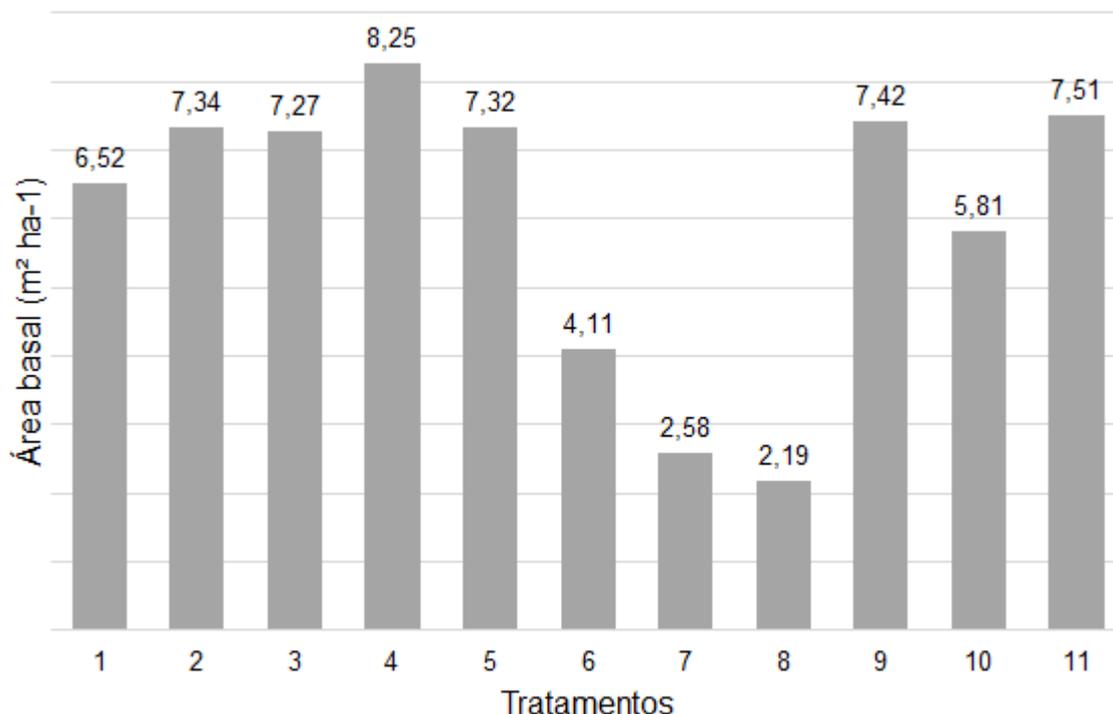
Os resultados referentes a distribuição diamétrica (Figura 7) evidenciaram a grande concentração de indivíduos nas classes 6 e 7. Com 27,42% medindo entre 9,83 e 11,24 cm na classe 7 e 25,62% medindo entre 8,41 e 9,82 cm na classe 6.

Figura 7 – Classes diamétricas para DAP (cm) do plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.



Observa-se na Figura 8 que a área basal foi maior no tratamento 4 e menor no tratamento 8. Em geral, a área basal foi menor nos tratamentos em que a dose de P foi aumentada.

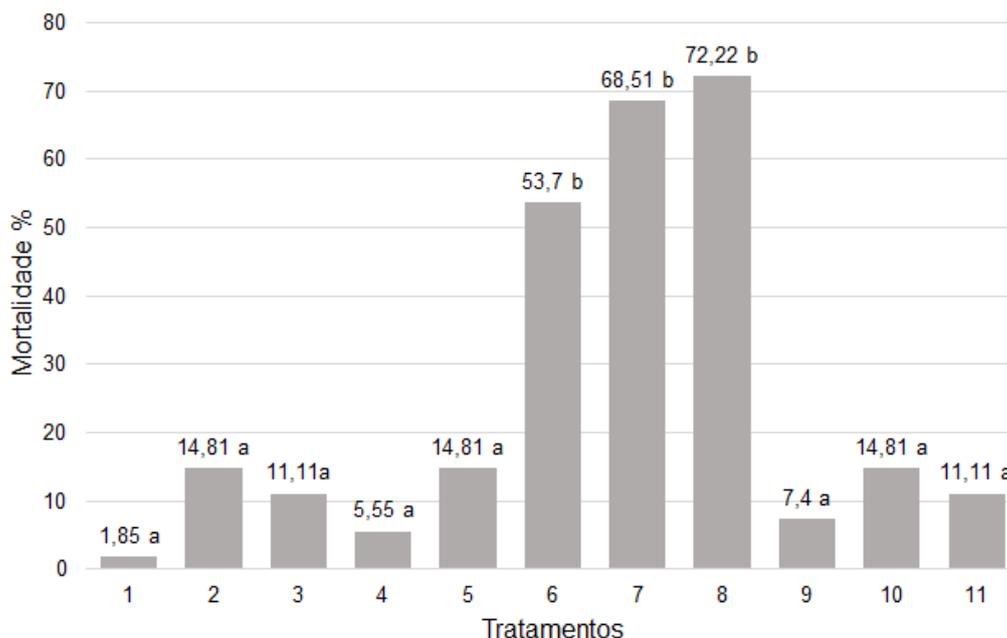
Figura 8 – Área basal em $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ nos diferentes tratamentos em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.



Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cova^{-1} de N, 27 g cova^{-1} de P_2O_5 , 20 g cova^{-1} de K_2O ; T3 = T2 + 20 g cova^{-1} de N; T4 = T2 + 40 g cova^{-1} de N; T5 = T2 + 60 g cova^{-1} de N; T6 = T2 + 20 g cova^{-1} de P_2O_5 ; T7 = T2 + 40 g cova^{-1} de P_2O_5 ; T8 = T2 + 60 g cova^{-1} de P_2O_5 ; T9 = T2 + 20 g cova^{-1} de K_2O ; T10 = T2 + 40 g cova^{-1} de K_2O ; T11 = T2 + 60 g cova^{-1} de K_2O . Fonte: o autor.

Analisando a mortalidade (Figura 9), observou-se pelo teste de Tukey que os tratamentos que receberam maiores doses de P (T6, T7 e T8) tiveram maior percentagem média de indivíduos mortos, apresentando média geral de 64,81% (Apêndices D e E). Observa-se que quanto maior a dose de P utilizada, maior a mortalidade. Os demais tratamentos tiveram pequenas percentagens de mortalidade e não se diferiram do T1 (tratamento sem fertilização), apresentando média geral de 10,81% de indivíduos mortos.

Figura 9 – Percentagem de indivíduos mortos nos diferentes tratamentos em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.



Médias seguidas pela mesma letra não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cova⁻¹ de N, 27 g cova⁻¹ de P₂O₅, 20 g cova⁻¹ de K₂O; T3 = T2 + 20 g cova⁻¹ de N; T4 = T2 + 40 g cova⁻¹ de N; T5 = T2 + 60 g cova⁻¹ de N; T6 = T2 + 20 g cova⁻¹ de P₂O₅; T7 = T2 + 40 g cova⁻¹ de P₂O₅; T8 = T2 + 60 g cova⁻¹ de P₂O₅; T9 = T2 + 20 g cova⁻¹ de K₂O; T10 = T2 + 40 g cova⁻¹ de K₂O; T11 = T2 + 60 g cova⁻¹ de K₂O. Fonte: o autor.

4.2. TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES

Observa-se na Tabela 3 que os teores de macronutrientes presentes nas folhas de *P. reticulata*, não tiveram diferença entre os tratamentos. As diferentes doses não interferiram no teor de macronutrientes das folhas. Além disso, foram observados valores de desvio padrão baixos ($DP < 1$) para a maioria das médias. A ordem de concentração decrescente dos macronutrientes das folhas, da média geral dos tratamentos, foi: N > Ca > K > Mg > S > P.

Para os micronutrientes, também não houveram diferença entre os tratamentos, sendo que a fertilização não interferiu no teor desses nutrientes na folha (Tabela 4). A ordem de concentração decrescente dos micronutrientes das folhas, da média geral dos tratamentos, foi: Fe > B > Mn > Zn > Cu.

O C_{org.} também não teve diferença entre os tratamentos, onde se observou valores em torno de 44%. Os tratamentos tiveram valores semelhantes de relação carbono/nitrogênio (C/N) variando entre 18,85 e 20,65.

Tabela 3 – Teor médio \pm desvio padrão dos macronutrientes (g kg^{-1}) e C_{org} , por tratamento das folhas de plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.

Nutriente (g kg^{-1})	N		P		K		Ca		Mg		S		C_{org}		C/N	
	Tratamento	Média*	Média*	%*	%*											
1		21,42	$\pm 1,18$	0,67	$\pm 0,02$	6,88	$\pm 0,00$	7,36	$\pm 0,92$	2,13	$\pm 0,27$	1,51	$\pm 0,09$	44,24	$\pm 0,07$	20,65
2		21,82	$\pm 1,07$	0,57	$\pm 0,10$	6,88	$\pm 0,63$	6,60	$\pm 1,00$	1,96	$\pm 0,22$	1,62	$\pm 0,09$	44,24	$\pm 0,15$	20,28
3		22,47	$\pm 2,36$	0,73	$\pm 0,06$	6,67	$\pm 0,95$	6,49	$\pm 0,50$	2,11	$\pm 0,10$	1,43	$\pm 0,21$	44,25	$\pm 0,16$	19,69
4		21,86	$\pm 1,30$	0,72	$\pm 0,14$	7,08	$\pm 1,44$	7,13	$\pm 0,60$	1,86	$\pm 0,16$	1,54	$\pm 0,17$	44,19	$\pm 0,11$	20,21
5		21,58	$\pm 0,74$	0,70	$\pm 0,08$	6,88	$\pm 1,09$	7,49	$\pm 2,22$	2,00	$\pm 0,33$	1,43	$\pm 0,29$	44,30	$\pm 0,02$	20,53
6		23,52	$\pm 0,74$	0,71	$\pm 0,08$	6,04	$\pm 0,36$	8,34	$\pm 2,02$	2,21	$\pm 0,31$	1,41	$\pm 0,45$	44,33	$\pm 0,13$	18,85
7		23,01	$\pm 0,77$	0,70	$\pm 0,11$	5,83	$\pm 0,72$	7,47	$\pm 0,29$	2,15	$\pm 0,40$	1,67	$\pm 0,08$	44,15	$\pm 0,06$	19,19
8		23,26	$\pm 1,10$	0,91	$\pm 0,19$	6,67	$\pm 0,36$	6,47	$\pm 0,75$	1,73	$\pm 0,18$	1,73	$\pm 0,21$	44,36	$\pm 0,15$	19,07
9		23,33	$\pm 1,89$	0,87	$\pm 0,19$	7,09	$\pm 0,96$	6,53	$\pm 0,88$	1,85	$\pm 0,13$	1,64	$\pm 0,05$	44,31	$\pm 0,09$	18,99
10		23,29	$\pm 1,14$	0,78	$\pm 0,08$	6,88	$\pm 0,63$	7,19	$\pm 0,42$	1,96	$\pm 0,16$	1,66	$\pm 0,61$	44,18	$\pm 0,06$	18,97
11		21,63	$\pm 0,43$	0,72	$\pm 0,08$	6,67	$\pm 0,36$	6,55	$\pm 0,72$	1,94	$\pm 0,13$	1,59	$\pm 0,21$	44,20	$\pm 0,11$	20,44
Média Geral		22,47	-	0,73	-	6,69	-	7,06	-	1,99	-	1,57	-	44,25	-	19,71

Em que: N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; C_{org} = carbono orgânico. *Médias e porcentagem são estatisticamente iguais pelo teste de Friedman ($p \leq 0,05$); $n = 3$. Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cova^{-1} de N, 27 g cova^{-1} de P_2O_5 , 20 g cova^{-1} de K_2O ; T3 = T2 + 20 g cova^{-1} de N; T4 = T2 + 40 g cova^{-1} de N; T5 = T2 + 60 g cova^{-1} de N; T6 = T2 + 20 g cova^{-1} de P_2O_5 ; T7 = T2 + 40 g cova^{-1} de P_2O_5 ; T8 = T2 + 60 g cova^{-1} de P_2O_5 ; T9 = T2 + 20 g cova^{-1} de K_2O ; T10 = T2 + 40 g cova^{-1} de K_2O ; T11 = T2 + 60 g cova^{-1} de K_2O .

Tabela 4 – Teor médio \pm desvio padrão dos micronutrientes (mg kg^{-1}) por tratamento das folhas de plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.

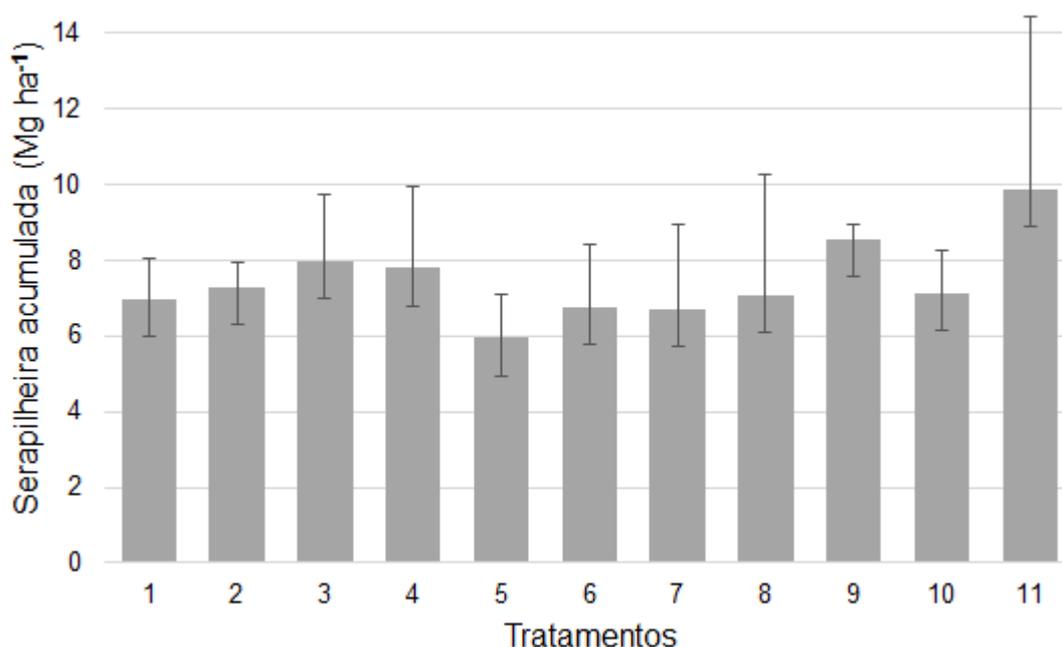
Nutriente (mg kg^{-1})	Fe		Zn		Cu		Mn		B	
	Treatamento	Média*	Média*	Média*	Média*	Média*	Média*	Média*	Média*	Média*
1	50,67	$\pm 5,51$	11,33	$\pm 1,53$	5,33	$\pm 0,58$	39,00	$\pm 4,36$	43,67	$\pm 3,79$
2	53,33	$\pm 4,93$	14,33	$\pm 0,58$	5,00	$\pm 0,00$	41,33	$\pm 6,11$	50,33	$\pm 5,86$
3	89,33	$\pm 68,19$	12,67	$\pm 1,15$	5,00	$\pm 0,00$	32,00	$\pm 9,00$	41,67	$\pm 0,58$
4	48,33	$\pm 2,31$	12,00	$\pm 2,00$	5,00	$\pm 0,00$	37,00	$\pm 10,44$	39,33	$\pm 8,33$
5	47,33	$\pm 11,15$	12,33	$\pm 2,08$	5,00	$\pm 0,00$	41,00	$\pm 10,00$	46,67	$\pm 8,96$
6	45,00	$\pm 9,64$	11,33	$\pm 1,53$	5,33	$\pm 0,58$	38,67	$\pm 3,21$	31,33	$\pm 15,57$
7	56,67	$\pm 16,50$	11,67	$\pm 0,58$	5,00	$\pm 0,00$	25,67	$\pm 5,51$	52,67	$\pm 5,69$
8	51,67	$\pm 4,16$	12,00	$\pm 0,00$	5,00	$\pm 0,00$	26,67	$\pm 11,55$	47,33	$\pm 2,89$
9	47,00	$\pm 4,36$	11,33	$\pm 1,53$	5,67	$\pm 0,58$	27,67	$\pm 3,21$	44,67	$\pm 6,66$
10	49,00	$\pm 3,00$	11,33	$\pm 1,53$	5,00	$\pm 0,00$	29,00	$\pm 13,53$	46,67	$\pm 6,03$
11	49,00	$\pm 3,00$	12,67	$\pm 0,58$	5,33	$\pm 0,58$	32,33	$\pm 6,66$	39,67	$\pm 5,13$
Média Geral	53,39	-	12,09	-	5,15	-	33,67	-	44,00	-

Em que: Fe = ferro; Zn = zinco; Cu = cobre; Mn = manganês; B = boro. *Médias são estatisticamente iguais pelo teste de Friedman ($p \leq 0,05$); $n = 3$. Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cova^{-1} de N, 27 g cova^{-1} de P_2O_5 , 20 g cova^{-1} de K_2O ; T3 = T2 + 20 g cova^{-1} de N; T4 = T2 + 40 g cova^{-1} de N; T5 = T2 + 60 g cova^{-1} de N; T6 = T2 + 20 g cova^{-1} de P_2O_5 ; T7 = T2 + 40 g cova^{-1} de P_2O_5 ; T8 = T2 + 60 g cova^{-1} de P_2O_5 ; T9 = T2 + 20 g cova^{-1} de K_2O ; T10 = T2 + 40 g cova^{-1} de K_2O ; T11 = T2 + 60 g cova^{-1} de K_2O .

4.3. SERAPILHEIRA ACUMULADA

Não houve diferença entre os tratamentos, quando avaliada a biomassa de serapilheira acumulada (Apêndice F e G). Sendo a média geral de serapilheira acumulada entre os tratamentos de $7,46 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Figura 10).

Figura 10 – Biomassa média da serapilheira acumulada por tratamento em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.



Em que: Barras = desvio padrão. Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cova⁻¹ de N, 27 g cova⁻¹ de P₂O₅, 20 g cova⁻¹ de K₂O; T3 = T2 + 20 g cova⁻¹ de N; T4 = T2 + 40 g cova⁻¹ de N; T5 = T2 + 60 g cova⁻¹ de N; T6 = T2 + 20 g cova⁻¹ de P₂O₅; T7 = T2 + 40 g cova⁻¹ de P₂O₅; T8 = T2 + 60 g cova⁻¹ de P₂O₅; T9 = T2 + 20 g cova⁻¹ de K₂O; T10 = T2 + 40 g cova⁻¹ de K₂O; T11 = T2 + 60 g cova⁻¹ de K₂O. Fonte: o autor.

O conteúdo dos macronutrientes e dos micronutrientes na serapilheira acumulada, calculados a partir do teor dos nutrientes (Apêndice H e I), não se diferiram entre os tratamentos. Novamente, as diferentes doses utilizadas no experimento não interferiram no conteúdo dos nutrientes na serapilheira acumulada (Tabela 5 e 6).

A ordem decrescente de concentração dos macronutrientes da serapilheira acumulada, para a média geral dos tratamentos, foi: N > Ca > S > Mg > K > P. Para os micronutrientes a ordem decrescente de concentração, para a média geral dos tratamentos, foi: Fe > Mn > Zn > B > Cu.

O C_{org} não teve diferença entre os tratamentos, onde observa-se média geral entre os tratamentos de $3.215,88 \text{ kg ha}^{-1}$. A relação C/N média foi de 28,21 entre os tratamentos, maior que a observada nas folhas. A relação C/P e C/S média, entre os tratamentos, foi de 973,01 e 272,59, respectivamente.

Tabela 5 – Conteúdo médio \pm desvio padrão dos macronutrientes e $C_{org.}$ ($kg\ ha^{-1}$) e relações C/N, C/P e C/S por tratamento da serapilheira acumulada em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.

Nut. kg ha ⁻¹	N		P		K		Ca		Mg		S		C _{org.}		C/N	C/P	C/S
Trat.	Média*		Média*		Média*		Média*		Média*		Média*		kg ha ⁻¹ *				
1	104,09	$\pm 12,95$	2,75	$\pm 0,89$	6,72	$\pm 1,04$	64,33	$\pm 16,07$	10,51	$\pm 2,25$	10,74	$\pm 2,09$	3067,14	$\pm 468,53$	29,47	1114,20	285,61
2	116,59	$\pm 16,11$	3,13	$\pm 0,30$	7,43	$\pm 2,19$	71,07	$\pm 20,33$	12,91	$\pm 3,27$	10,15	$\pm 1,95$	3137,14	$\pm 341,13$	26,91	1003,62	309,11
3	115,92	$\pm 15,19$	3,49	$\pm 0,90$	8,25	$\pm 0,55$	73,05	$\pm 6,32$	13,24	$\pm 2,38$	12,92	$\pm 3,21$	3365,29	$\pm 596,77$	29,03	963,72	260,40
4	119,30	$\pm 35,50$	3,16	$\pm 1,33$	7,47	$\pm 4,58$	73,29	$\pm 17,67$	12,13	$\pm 4,98$	11,73	$\pm 2,78$	3408,38	$\pm 929,96$	28,57	1079,06	290,60
5	98,25	$\pm 20,43$	2,61	$\pm 0,65$	5,23	$\pm 1,50$	55,67	$\pm 8,51$	8,92	$\pm 0,88$	9,17	$\pm 2,43$	2606,26	$\pm 509,69$	26,53	997,97	284,18
6	109,66	$\pm 25,30$	3,64	$\pm 0,52$	7,09	$\pm 1,53$	62,03	$\pm 11,24$	11,34	$\pm 1,38$	21,90	$\pm 21,52$	2913,84	$\pm 739,40$	26,57	801,05	133,08
7	103,54	$\pm 31,25$	3,55	$\pm 1,15$	9,86	$\pm 3,95$	47,75	$\pm 17,70$	10,44	$\pm 4,46$	14,21	$\pm 8,17$	2858,87	$\pm 924,69$	27,61	805,28	201,15
8	88,21	$\pm 36,76$	3,74	$\pm 1,46$	11,09	$\pm 2,68$	49,11	$\pm 25,83$	11,15	$\pm 5,55$	10,36	$\pm 5,19$	3012,82	$\pm 1259,01$	34,15	805,40	290,92
9	135,01	$\pm 29,76$	3,75	$\pm 0,52$	7,19	$\pm 1,18$	79,42	$\pm 3,98$	13,28	$\pm 1,81$	12,41	$\pm 0,49$	3732,76	$\pm 164,26$	27,65	996,25	300,67
10	117,06	$\pm 40,02$	3,19	$\pm 0,44$	8,56	$\pm 2,50$	48,42	$\pm 14,06$	11,18	$\pm 2,36$	10,14	$\pm 3,16$	3088,35	$\pm 480,43$	26,38	969,65	304,60
11	152,49	$\pm 72,09$	3,59	$\pm 0,87$	7,60	$\pm 1,28$	77,80	$\pm 38,76$	12,84	$\pm 3,89$	12,37	$\pm 5,01$	4183,83	$\pm 1663,93$	27,44	1166,86	338,23
Média Geral	114,67	-	3,36	-	8,10	-	63,85	-	11,68	-	12,14	-	3215,88	-	28,21	973,00	272,70

Em que: Nut. = nutrientes, Trat. = tratamentos; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; DP = desvio padrão; C_{org.} = carbono orgânico; C/N = relação carbono nitrogênio; C/P = relação carbono fósforo; C/S = relação carbono enxofre. *Médias são estatisticamente iguais pelo teste de Friedman ($p \leq 0,05$); n = 3. Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cova⁻¹ de N, 27 g cova⁻¹ de P₂O₅, 20 g cova⁻¹ de K₂O; T3 = T2 + 20 g cova⁻¹ de N; T4 = T2 + 40 g cova⁻¹ de N; T5 = T2 + 60 g cova⁻¹ de N; T6 = T2 + 20 g cova⁻¹ de P₂O₅; T7 = T2 + 40 g cova⁻¹ de P₂O₅; T8 = T2 + 60 g cova⁻¹ de P₂O₅; T9 = T2 + 20 g cova⁻¹ de K₂O; T10 = T2 + 40 g cova⁻¹ de K₂O; T11 = T2 + 60 g cova⁻¹ de K₂O.

Tabela 6 – Conteúdo médio \pm desvio padrão dos micronutrientes (kg ha^{-1}) por tratamento da serapilheira acumulada em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.

Nutrientes kg ha^{-1}	Fe		Zn		Cu		Mn		B	
	Média*		Média*		Média*		Média*		Média*	
1	6,14	$\pm 2,70$	0,21	$\pm 0,04$	0,05	$\pm 0,00$	0,35	$\pm 0,07$	0,14	$\pm 0,07$
2	6,84	$\pm 1,92$	0,23	$\pm 0,02$	0,04	$\pm 0,01$	0,37	$\pm 0,10$	0,16	$\pm 0,08$
3	9,38	$\pm 5,39$	0,23	$\pm 0,02$	0,05	$\pm 0,01$	0,37	$\pm 0,12$	0,15	$\pm 0,06$
4	7,24	$\pm 2,65$	0,21	$\pm 0,08$	0,05	$\pm 0,02$	0,38	$\pm 0,11$	0,14	$\pm 0,01$
5	5,18	$\pm 0,82$	0,17	$\pm 0,05$	0,04	$\pm 0,01$	0,30	$\pm 0,06$	0,17	$\pm 0,11$
6	8,56	$\pm 2,80$	0,21	$\pm 0,06$	0,04	$\pm 0,01$	0,39	$\pm 0,06$	0,12	$\pm 0,07$
7	8,25	$\pm 4,27$	0,21	$\pm 0,05$	0,03	$\pm 0,01$	0,32	$\pm 0,13$	0,11	$\pm 0,03$
8	8,95	$\pm 6,76$	0,21	$\pm 0,09$	0,04	$\pm 0,02$	0,32	$\pm 0,17$	0,11	$\pm 0,03$
9	8,40	$\pm 1,04$	0,24	$\pm 0,02$	0,05	$\pm 0,00$	0,43	$\pm 0,10$	0,19	$\pm 0,02$
10	7,42	$\pm 1,57$	0,23	$\pm 0,02$	0,05	$\pm 0,01$	0,34	$\pm 0,10$	0,15	$\pm 0,05$
11	6,47	$\pm 2,84$	0,27	$\pm 0,08$	0,05	$\pm 0,02$	0,46	$\pm 0,23$	0,22	$\pm 0,13$
Média geral	7,49	-	0,22	-	0,05	-	0,37	-	0,15	-

Em que: Fe = ferro; Zn = zinco; Cu = cobre; Mn = manganês; B = boro; DP = desvio padrão. *Médias são estatisticamente iguais pelo teste de Friedman ($p \leq 0,05$); $n = 3$. Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cova^{-1} de N, 27 g cova^{-1} de P_2O_5 , 20 g cova^{-1} de K_2O ; T3 = T2 + 20 g cova^{-1} de N; T4 = T2 + 40 g cova^{-1} de N; T5 = T2 + 60 g cova^{-1} de N; T6 = T2 + 20 g cova^{-1} de P_2O_5 ; T7 = T2 + 40 g cova^{-1} de P_2O_5 ; T8 = T2 + 60 g cova^{-1} de P_2O_5 ; T9 = T2 + 20 g cova^{-1} de K_2O ; T10 = T2 + 40 g cova^{-1} de K_2O ; T11 = T2 + 60 g cova^{-1} de K_2O .

4.4. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

As interpretações dos resultados dos atributos químicos do solo foram realizadas de acordo com Prezzoti et al. (2007). O pH estava com acidez fraca (6,1 – 6,9) na camada mais superficial, e nas camadas mais profundas a acidez foi considerada média (5,1 – 6,0). Foi observado solo eutrófico até a profundidade de 10 cm com saturação por bases considerada média (51 – 70%), e na camada mais profunda, solo distrófico com saturação por bases baixa (26 – 50%), como pode-se observar na Tabela 7.

Os valores de P, Na⁺, Al³⁺, acidez potencial (H+Al), CTC a pH 7,0 e saturação por alumínio (m) foram baixos em todas as camadas avaliadas. Os valores de Al e de saturação por alumínio foram nulos até a profundidade de 10 cm, porém aumentaram, assim como a acidez potencial, com o avanço da profundidade (Tabela 7).

As bases Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺ e a CTC efetiva (t) tiveram valores considerados médios na camada mais superficial (0-5 cm) e baixos nas camadas mais profundas. Observou-se valores médios de matéria orgânica (MO) em todas as camadas (Tabela 7).

Ressalta-se a redução nas concentrações dos atributos químicos analisados com o avanço da profundidade da coleta, exceto o Al³⁺ e, conseqüentemente, a saturação de alumínio e os teores de Na⁺ que possuíam maior média entre 5 e 10 cm (Tabela 7).

Apenas os teores do K⁺ e do Na⁺ foram diferentes entre os tratamentos, e essa diferença só foi observada na primeira camada analisada (0-5 cm). Para ambos os nutrientes a maior média se encontra no T8 (maior dose de P) e menor média no T1 (sem fertilização). Para os demais atributos não houve diferença (Tabela 7).

Tabela 7 – Atributos químicos do solo em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.

Trat.	P		K ⁺		Na ⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺		pH	MO	SB	t	H+Al		Al ³⁺	T	V	m
	-----mg kg ⁻¹ -----				-----cmol _c dm ⁻³ -----		H ₂ O	g kg ⁻¹	-----cmol _c dm ⁻³ -----				-----%							
Prof. 0-5 cm																				
1	2,00	47,67	b	20,33	b	1,57	0,60	6,17	20,7	2,38	2,38	1,60	0,00	3,98	59,69	0,00				
2	2,33	76,33	ab	31,33	ab	1,80	0,70	6,20	20,3	2,83	2,83	1,60	0,00	4,43	63,84	0,00				
3	2,33	55,67	ab	25,33	ab	1,63	0,50	6,10	22,0	2,39	2,39	1,67	0,00	4,05	58,87	0,00				
4	2,67	66,67	ab	27,00	ab	1,67	0,60	6,20	21,0	2,55	2,55	1,60	0,00	4,15	61,46	0,00				
5	3,00	63,33	ab	25,67	ab	1,60	0,60	6,17	19,7	2,47	2,47	1,63	0,00	4,11	60,22	0,00				
6	2,67	63,33	ab	26,67	ab	1,77	0,63	6,17	24,7	2,68	2,68	1,63	0,00	4,31	62,12	0,00				
7	3,00	84,67	ab	34,33	ab	1,83	0,67	6,20	21,7	2,87	2,87	1,63	0,00	4,50	63,65	0,00				
8	3,33	99,00	a	41,00	a	1,77	0,60	6,23	21,3	2,80	2,80	1,60	0,00	4,40	63,59	0,00				
9	2,67	57,33	ab	25,00	ab	1,73	0,70	6,23	20,7	2,69	2,69	1,63	0,00	4,32	62,13	0,00				
10	2,00	66,00	ab	27,67	ab	1,77	0,67	6,23	20,7	2,72	2,72	1,63	0,00	4,36	62,50	0,00				
11	2,67	62,33	ab	24,67	ab	1,77	0,57	6,20	22,7	2,60	2,60	1,63	0,00	4,23	61,34	0,00				
Prof. 5-10 cm																				
1	2,67	50,00		25,00		1,47	0,53	6,07	19,3	2,24	2,24	1,77	0,00	4,00	56,10	0,00				
2	2,33	65,00		30,00		1,43	0,50	6,03	20,3	2,23	2,23	1,73	0,00	3,96	56,10	0,00				
3	2,00	45,67		23,33		1,23	0,50	5,93	20,7	1,95	1,95	2,00	0,00	3,95	49,36	0,00				
4	2,33	73,00		32,67		1,70	0,57	6,07	22,3	2,60	2,60	1,87	0,00	4,46	58,16	0,00				
5	2,00	65,33		30,00		1,37	0,53	6,07	21,3	2,20	2,20	1,80	0,00	4,00	54,75	0,00				
6	2,33	60,00		29,67		1,33	0,53	5,97	23,3	2,15	2,15	2,07	0,00	4,22	51,30	0,00				
7	2,33	67,00		32,33		1,43	0,50	5,90	22,0	2,25	2,28	2,20	0,03	4,45	50,42	1,94				
8	2,33	77,00		34,00		1,20	0,47	5,93	21,3	2,01	2,01	2,00	0,00	4,01	50,13	0,00				
9	2,67	58,67		29,67		1,43	0,53	6,00	21,0	2,25	2,25	1,97	0,00	4,21	53,76	0,00				
10	2,00	73,67		33,67		1,50	0,57	6,00	23,7	2,40	2,40	2,03	0,00	4,44	54,56	0,00				
11	2,00	68,33		32,33		1,50	0,47	6,07	20,3	2,28	2,28	1,90	0,00	4,18	54,80	0,00				

Continua...

Continuação...

Trat.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	pH	MO	SB	t	H+Al	Al ³⁺	T	V	m
	-----mg kg ⁻¹ -----			----cmol _c dm ⁻³ ----		H ₂ O	g kg ⁻¹	-----cmol _c dm ⁻³ -----			-----%-----			
Prof. 10-20 cm														
1	2,00	42,33	20,33	0,97	0,37	5,73	20,3	1,53	1,56	2,33	0,03	3,86	39,57	2,27
2	2,00	55,33	26,33	0,93	0,37	5,73	19,3	1,56	1,59	2,40	0,03	3,96	39,20	2,16
3	2,00	46,67	24,00	0,87	0,30	5,60	21,7	1,39	1,49	2,53	0,10	3,92	35,43	7,75
4	2,33	62,67	24,33	0,97	0,33	5,70	22,0	1,57	1,60	2,47	0,03	4,03	38,81	2,13
5	2,00	51,33	24,67	0,90	0,33	5,57	20,3	1,47	1,67	2,50	0,20	3,97	37,08	12,50
6	2,00	45,33	21,33	1,00	0,33	5,63	21,7	1,54	1,64	2,47	0,10	4,01	38,60	6,24
7	2,33	47,67	23,33	0,93	0,30	5,63	19,7	1,46	1,56	2,43	0,10	3,89	37,41	7,40
8	2,33	72,00	32,00	1,27	0,43	5,70	19,3	2,02	2,16	2,53	0,13	4,56	44,41	6,99
9	2,00	50,67	24,67	1,17	0,40	5,67	19,7	1,80	1,94	2,60	0,13	4,40	41,04	8,02
10	2,33	55,00	26,33	1,10	0,37	5,83	19,7	1,72	1,72	2,47	0,00	4,19	41,36	0,00
11	2,00	53,00	25,33	0,93	0,37	5,73	19,3	1,55	1,58	2,47	0,03	4,01	38,68	2,18

Em que: Trat = tratamentos; P = fósforo; K = potássio; Na⁺ = sódio; Ca²⁺ = cálcio; Mg²⁺ = magnésio; MO = matéria orgânica; SB = soma de bases; t = capacidade de troca de cátions efetiva; H+Al = hidrogênio mais alumínio ou acidez potencial; Al³⁺ = alumínio; T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V = percentagem de saturação por bases; m = percentagem de saturação por alumínio. *Médias seguidas por letras diferentes na coluna se diferem pelo teste de Friedman (p≤0,05) as demais médias não se diferem; n = 3. Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cova⁻¹ de N, 27 g cova⁻¹ de P₂O₅, 20 g cova⁻¹ de K₂O; T3 = T2 + 20 g cova⁻¹ de N; T4 = T2 + 40 g cova⁻¹ de N; T5 = T2 + 60 g cova⁻¹ de N; T6 = T2 + 20 g cova⁻¹ de P₂O₅; T7 = T2 + 40 g cova⁻¹ de P₂O₅; T8 = T2 + 60 g cova⁻¹ de P₂O₅; T9 = T2 + 20 g cova⁻¹ de K₂O; T10 = T2 + 40 g cova⁻¹ de K₂O; T11 = T2 + 60 g cova⁻¹ de K₂O.

5. DISCUSSÃO

5.1 CRESCIMENTO E MORTALIDADE

As diferentes doses de N, P e K utilizadas neste experimento não influenciaram no crescimento em altura e nem no DAP das árvores de *P. reticulata*. Como a espécie estudada é secundária inicial, sabe-se, segundo Ferreira et al. (2007), que a velocidade do seu crescimento é inferior ao de espécies pioneiras e, dessa forma, tende a ter baixa resposta ao fornecimento de nutrientes. Essa espécie teve crescimento pouco influenciado pela fertilidade do solo, indicando sua maior adaptação a solos poucos férteis, sendo menos responsivas ao fornecimento de nutrientes, como observado em outras espécies do mesmo grupo sucessional (RESENDE et al., 1999; GONÇALVES; BENEDETTI, 2000).

Segundo Bredemeier e Mondstock (2000), a disponibilidade de N é um fator que influencia diretamente o crescimento das plantas, mais do que os outros nutrientes, tanto que a omissão de N influenciou o crescimento de mudas de *Plathymenia foliolosa* Benth. (sinônimo de *P. reticulata*) (VIEIRA; OLIVEIRA; WEBER, 2015). Além disso, Duboc e Guerrine (2007), observaram que espécies secundárias do Cerrado, plantadas em Plintossolo, possuem menores exigências de N para o crescimento máximo, se comparado a espécies pioneiras. Para *P. reticulata* os autores supracitados observaram melhor crescimento com o fornecimento de 25 g cova⁻¹ de N (valor próximo ao T2, desse estudo).

Analisando a influência da aplicação de doses de N sobre o crescimento do eucalipto aos 30 meses de idade, em Latossolo Vermelho-Amarelo, Jesus et al. (2012), verificaram que, a dose ideal para melhor crescimento em DAP foi de 74 kg ha⁻¹ de N, sendo inferior a todas as doses utilizadas neste experimento. A sobrevivência de *P. reticulata* não foi influenciada pela aplicação de doses crescentes de N em espaçamento de 2,5 x 2,5 m (DUBOC; GUERRINE, 2007).

De acordo com Silva et al. (1997), a fertilização com diferentes doses de K não influenciou o crescimento inicial de espécies da família Fabaceae, e que

apenas espécies pioneiras são mais exigentes quanto ao fornecimento de K para maior crescimento, em Cambissolo Álico. Segundo Vieira, Oliveira e Weber (2015), a omissão de K não limitou o crescimento de mudas de *Plathymenia foliolosa*, mostrando a pouca exigência da espécie quanto a esse nutriente nessa fase de vida. Além disso, Duarte et al. (2015), concluíram que mudas de *Plathymenia foliolosa* respondem positivamente a doses crescentes de K para altura, embora em campo não tenha sido observado esse comportamento neste trabalho. Destacando dessa forma, a importância de estudos em condições de campo.

Espécies não pioneiras são menos responsivas a fertilização com P (RESENDE et al., 1999; SANTOS et al., 2008), fato também observado por Vieira, Oliveira e Weber (2015) em que a omissão de P, não limitou o crescimento de mudas de *Plathymenia foliolosa*. Isso justifica a adaptação da espécie a solos pouco férteis, uma vez que os solos brasileiros possuem baixa disponibilidade de P, principalmente em solos muito intemperizados, o que justifica a viabilidade do uso dessa espécie para recuperação de áreas. Fato observado também para *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville, espécie nativa do cerrado pertencente à família Fabaceae, em Latossolo Vermelho-Amarelo (VALADARES et al., 2015).

A mortalidade observada nos tratamentos onde aumentou-se as doses de P (T6, T7 e T8), foram consideradas de baixa sobrevivência ($\leq 60\%$). Os demais tratamentos tiveram a sobrevivência alta ($> 80\%$), de acordo com a classificação de Durigan e Silvieira (1999). Segundo Neves et al. (2004), plantas submetidas a doses de P entre 300 e 450 kg ha⁻¹, tiveram sintomas visuais de injúrias nas folhas. De acordo com os autores isso pode estar relacionado ao fato de que doses mais elevadas de P ocasionam a diminuição da absorção de Fe e Zn pelas plantas. Ou seja, as doses crescentes de P desse estudo (T6, T7 e T8) podem ter provocado a inibição da absorção desses nutrientes, o que pode ter contribuído com a alta taxa de mortalidade nesses tratamentos.

Outro fator que pode estar relacionado com o aumento da mortalidade, a partir do aumento das doses de P, é o adubo que foi utilizado no experimento, o superfosfato simples. Esse adubo possui 18% de P₂O₅ e em torno de 20% de Ca, o que equivalem a aproximadamente 52 g cova⁻¹ no T6, 74 g cova⁻¹ no T7 e

96 g cova⁻¹ no T8 de Ca. Além dessa fonte de Ca, como descrito anteriormente, a área foi submetida a calagem e o calcário utilizado era formado por aproximadamente 30% de Ca.

Acredita-se que o Ca possa ter sido tóxico para as plantas, na quantidade fornecida no T6, T7 e T8, contribuindo para a elevada mortalidade nesses tratamentos. Em trabalho realizado por Silva-Júnior et al. (2014), o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King.) foi pouco tolerante ao fornecimento de Ca, os autores observaram clorose e necrose das folhas, possivelmente pelo acúmulo desse nutriente e também do B. Outros estudos mostram que o aumento do fornecimento desses nutrientes (Ca e B) pode reduzir o desenvolvimento radicular, o que está diretamente relacionado a baixa necessidade desses pelas plantas e possivelmente seus efeitos fitotóxicos (DECHEN; NACHTIGALL, 2007; MIWA; FUJIWARA, 2010).

Outra explicação para a mortalidade elevada, nos tratamentos com aumento da fertilização de P, pode estar relacionada à inibição da absorção de K⁺ e Na⁺ devido à grande quantidade de Ca²⁺ fornecida para as mudas plantadas. O K e o Na, segundo Epstein e Bloom (2006), estão envolvidos nos processos de controle osmótico da planta e sua baixa absorção pode ter acarretado o déficit hídrico, causando a morte das mudas recém-plantadas, já que as árvores morreram nos primeiros meses após o plantio. Fato que está, também, atrelado a maiores quantidades de K e Na no solo do T8 e menor teor onde não houve adubação.

Analisando a sobrevivência de espécies em área de recuperação, plantadas no espaçamento 3 x 3 m, com fertilização inferior as utilizadas nessa pesquisa, Oliveira et al. (2015) observaram que cinco anos após o plantio a mortalidade média foi de 23,1%. Para espécies da família Fabaceae os autores relatam o índice de mortalidade ainda menor (15,2% - *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan; 14,9% - *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.; 6,4% - *Copaifera langsdorffii* Desf.; 10,6% - *Inga cylindrica* (Vell.) Mart.), valores que se assemelham aos apresentados para todos os tratamentos desse estudo (exceto em T6, T7 e T8).

Para o cedro-rosado (*Acrocarpus fraxinifolius* Wight), espécie nativa da Índia pertencente à família Fabaceae, Venturin et al. (2014) observaram, em Latossolo Vermelho e no espaçamento 3 x 3 m, mortalidade de 16,7% e DAP médio de 14,68 cm, três anos após o plantio. Porém, no estudo as árvores foram fertilizadas com doses de N, P e K inferiores as utilizadas neste estudo.

A distribuição diamétrica e hipsométrica no presente estudo foram normais para florestas plantadas, indicando segundo Sores, Paula-Neto e Souza (2007), distribuição equiânea, devido as árvores terem a mesma idade. Os valores referentes a área basal estão de acordo com a mortalidade, ou seja, nos tratamentos 6, 7 e 8 a área basal foi inferior à dos demais tratamentos.

5.2 TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES

As diferentes doses não influenciaram nos teores dos nutrientes foliares entre os tratamentos. A ordem decrescente dos teores foliares observados neste estudo estão semelhantes a resultados de outras pesquisas (Tabela 9). Nota-se diferenças na posição de alguns nutrientes em algumas espécies, o que, segundo Esping et al. (2008), pode estar relacionado com a disponibilidade desses nutrientes no solo, o que causa interferência direta na absorção dos mesmos pelas espécies.

Tabela 9 – Ordem decrescente de teores de nutrientes foliares observadas em diferentes espécies florestais.

Local	Tipo de solo	Espécie	Ordem decrescente de nutrientes	
			Macronutrientes	Micronutrientes
Este estudo	Argissolo Amarelo	<i>P. reticulata</i>	N>Ca>K>Mg>S>P	Fe>B>Mn>Zn>Cu
Revisão de Literatura ¹	-	<i>Eucalyptos</i> sp.	N>Ca>K>Mg>S>P	-
Casa de vegetação, Lavras-MG ²	Solo de várzea	<i>Carapa guianensis</i> Aubl. (andiroba)	N>Ca>K>Mg>S>P	-

Continua...

Continuação...

Local	Tipo de solo	Espécie	Ordem decrescente de nutrientes	
			Macronutrientes	Micronutrientes
Área de Cerrado, Planaltina de Goiás-DF ³	Latossolo Vermelho-Amarelo	<i>P. reticulata</i>	N>Ca>K>Mg>S>P	Fe>B>Mn>Zn>Cu
Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Goiana-PE ⁴	-	<i>Tapirira guianensis</i> Aube. (cupiúva)	N>Ca>Mg>K>S>P	Fe>Zn>Mn
Casa de vegetação ⁵	Argissolo Vermelho distrófico arênico	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vog.) Macbride (grápia)	N>K>Ca>Mg>P	Mn>Fe>Zn>Cu
Floresta Estacional Semidecidual, Pernambuco-PE ⁶	Latossolo Amarelo distrófico	10 espécies de maior valor de importância	N>Ca>K>Mg>P	-
Floresta Ombrófila Densa Montana, Santa Maria Madalena-RJ ⁷	Háplico Tb distrófico ⁷	<i>Moldenhawera floribunda</i>	N>K>Ca>Mg>P	-
		<i>Sclerolobium denudatum</i>	N>K>Ca>Mg>P	-
		<i>Apuleia leiocarpa</i>	N>K>Ca>Mg>P	-
Arborização urbana, Santa Maria-RS ⁸	Argissolo Vermelho distrófico arênico	<i>Caesaloinia pluviosa</i>	N>Ca>K>P>S>Mg	Fe>Mn>B>Cu>Zn
		<i>Parapipitadenia rigida</i>	N>Ca>K>Mg>S>P	Fe>Mn>B>Zn>Cu
Cambará do Sul-RS ⁹	Cambissolo Húmico Alúmico	<i>Peltophorum dubium</i>	N>K>Ca>Mg>P>S	Mn>Fe>Zn>B>Cu
		<i>Pinus taeda</i> (Teores das acículas)	N>K>Ca>Mg>P>S	Mn>Fe>Zn>B>Cu
Floresta Estacional Subtropical, Itaara-RS ¹⁰	Neossolo Litófico eutrófico típico	Espécies de maior valor de importância	-	Mn>Fe>B>Zn>Cu

¹Gonçalves (1995); ²Neves et al. (2004); ³Duboc; Guerrine (2007); ⁴Nascimento et al. (2007); ⁵Nicoloso et al. (2007); ⁶Espig et al. (2008); ⁷Cunha et al. (2009); ⁸Brun et al. (2012); ⁹Schumacher et al. (2013); ¹⁰Vogel; Schumacher; Trüby (2015).

O teor de todos os nutrientes foliares determinados está na faixa adequada para a maioria das espécies florestais, apresentados na Tabela 10.

Essas faixas de adequação foram consideradas ideais porque não existem trabalhos que determinem as faixas ideais para *P. reticulata*.

Tabela 10 – Faixas de adequação consideradas ideais para as folhas das espécies florestais.

Macronutriente	Faixas de adequação g kg ⁻¹ matéria seca	Micronutrientes	Faixa de adequação mg kg ⁻¹ matéria seca
N	20 - 50	Fe	10 - 1500
P	0,5 - 5	Zn	3 - 150
K	6 - 50	Cu	2 - 75
Ca	5 - 80	Mn	5 - 1500
Mg	1 - 10	B	10 - 50
S	1 - 5		

Fonte: Malavolta; Vitti; Oliveira, 1997; Furlani, 2004; Taiz; Zeiger, 2013; Dechen; Nachtigall, 2006; Epstein; Bloom, 2006; Novais et al., 2007.

Os teores foliares observados neste estudo, estão semelhantes aos determinados na mesma espécie, plantada em área de Cerrado em Latossolo Vermelho Amarelo, por Duboc e Guerrine (2007), onde os autores utilizaram diferentes doses de N e P. As doses utilizadas foram inferiores as doses testadas nesta pesquisa.

Devido a capacidade de fixar N, espécies arbóreas nativas da família Fabaceae, possuem teores elevados desse nutriente nas folhas (BRUN et al., 2012). Mesmo sendo um elemento móvel na planta, o N possui teores superiores nas folhas, em comparação com as demais partes das árvores, inclusive nas mais velhas, pela sua grande participação na fotossíntese (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O teor de Ca é alto devido sua baixa mobilidade no floema (EPSTEIN; BLOOM, 2006; VIEIRA et al., 2013). Além disso, Knapik e Angelo (2007), observaram que a espécie arbórea *Prunus sellowii* (sinônimo de *Prunus myrtifolia* (L.) Urb.), submetida a fertilização com doses de N, P e K, aumentaram seu nível de Ca nas folhas.

O P foi o macronutriente observado com menor teor em todos os tratamentos, mesmo naqueles em que se aplicou maiores doses desse nutriente no momento do plantio. Isso se deve ao fato deste ter alta mobilidade na planta, dessa forma tende a se concentrar nas folhas mais novas (EPSTEIN; BLOOM, 2006; VIEIRA et al., 2013). Como os solos tropicais, em sua maioria, são pobres

em P, inclusive o teor de P no solo deste estudo, três anos após o plantio, continua baixo, esse processo eficiente de ciclagem bioquímica se torna essencial para a manutenção da produtividade (NOVAIS et al., 2007).

De maneira geral, os elementos de maior mobilidade tendem a diminuir de concentração a medida em que ocorre o envelhecimento das folhas. Esse mecanismo funciona como uma segunda fonte para o novo crescimento, completando, ou até substituindo, a absorção do nutriente, em solos pouco férteis (MAGALHÃES; BLUM, 1999).

Os micronutrientes desempenham funções fisiológicas que são essenciais para as plantas como o crescimento, a floração e frutificação, a propagação e a proteção contra pragas e doenças. Dentre os micronutrientes o Fe foi o que teve maior teor, em todos os tratamentos, possivelmente pela sua participação na formação da clorofila e pela sua baixa mobilidade (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O B também tem baixa mobilidade o que justifica sua maior concentração (TAIZ; ZEIGER, 2013). O Mn é móvel, porém bastante requerido pelas plantas, assim como o Fe. O Cu, além de ser um dos nutrientes requerido em menores quantidades, possui alta mobilidade entre folhas velhas e folhas novas, o que justifica os menores teores (TAIZ; ZEIGER, 2013, BRUN et al., 2012).

Como os valores de macronutrientes e de micronutrientes estão dentro da faixa de adequação, acredita-se que a concentração destes não está sendo limitante para o crescimento das árvores, aos três anos de idade (VIEIRA; OLIVEIRA; WEBER, 2015; VOGEL; SCHUMACHER; TRÜBY, 2015).

As espécies pertencentes a família Fabaceae, em geral, tendem a ter relação C/N baixa, já que possuem concentrações elevadas de N nos tecidos (OMETO et al., 2006; NARDOTO, et al., 2008). Portanto, o material vegetal produzido por *P. reticulata* será facilmente decomposto, uma vez que a baixa relação C/N ocasiona maior mineralização, contribuindo para a restauração do fluxo dos nutrientes, principalmente do N, pela deposição da serapilheira.

5.3 SERAPILHEIRA ACUMULADA

A serapilheira é fonte de matéria orgânica rica em nutrientes, principalmente N, o que acarreta o aumento da fertilidade do solo e estimula a atividade biológica, por meio da ciclagem de nutrientes (CALDEIRA et al., 2008). Além disso, é responsável por promover liberação gradual dos nutrientes, contribuir para a retenção de água no solo e o proteger contra o impacto da chuva. Se a espécie promove um adequado acúmulo desse material, ela se torna promissora para utilização em plantios de recuperação e sistemas de produção sustentáveis (BALIEIRO et al., 2004; FERREIRA et al., 2007; CALDEIRA et al., 2007; CALDEIRA et al., 2008; GODINHO et al., 2014; KLIPPEL et al., 2016).

Neste estudo, a espécie *P. reticulata* acumulou em média 7,46 Mg ha⁻¹ de serapilheira. Esse acúmulo é influenciado, segundo Caldeira et al. (2007), pela espécie, idade do plantio, época da coleta, local, tipo de solo, dentre outros fatores. O crescimento das árvores pode influenciar no acúmulo de serapilheira, segundo Brun, Ferraz e Araújo (2013). Portanto, como as doses testadas não interferiram no crescimento das árvores, exceto na área basal, consequentemente também não foi observado diferença no acúmulo de serapilheira entre os tratamentos.

Até mesmo nos tratamentos com alta mortalidade (T6, T7 e T8) a biomassa de serapilheira não se diferiu, isso pode ser explicado pela presença elevada de gramíneas nessas parcelas amostrais. De acordo com Cavalcanti Filho et al. (2008), o ciclo de vida reduzido das gramíneas, aliado à sua alta produção, aumenta a produção de serapilheira. Outro fato que justifica a não diferenciação desses tratamentos com os demais é que ocorre na área capina dessas gramíneas, que foram recolhidas juntamente com o material senescente das árvores.

Segundo Brun et al. (2013), em plantios homogêneos aos seis anos, no Paraná em Latossolo Vermelho Distroférico, com duas espécies florestais, o acúmulo foi de 18,96 Mg ha⁻¹ para *Luehea divaricata* Mart. (açoita-cavalo, família Malvaceae) e 20,41 Mg ha⁻¹ para *Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan (angico vermelho, família Fabaceae), em espaçamento 2 x 2 m. Demonstrando que espaçamentos mais adensados, podem contribuir com maiores taxas de serapilheira acumulada, devido ao maior número de árvores.

Testando diferentes métodos de restauração com espécies nativas na Floresta Atlântica em Linhares-ES, Klippel et al. (2016), observaram, aos três anos após o plantio, acúmulo médio de serapilheira $7,4 \text{ Mg ha}^{-1}$. De acordo com Caldeira et al. (2007), o acúmulo de serapilheira em Floresta Ombrófila Mista Montana no Paraná foi de $7,99 \text{ Mg ha}^{-1}$. Os resultados dessas pesquisas mostram valores semelhantes aos observados neste estudo. Entretanto, em Floresta Ombrófila Densa Primária em Linhares-ES (área de referência), Correia et al. (2016) observaram acúmulo de $4,4 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Diversos fatores podem influenciar na quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo. As dinâmicas das reações que ocorrem no material acumulado são diretamente influenciadas pelos fatores ambientais, como temperatura e umidade, e pelo material formador da serapilheira (CALDEIRA et al., 2007, CALDEIRA et al., 2008, GODINHO et al., 2014). Além disso, a serapilheira acumulada pode variar em função da idade dos plantios e das florestas. Ou seja, florestas que atingiram sua maturidade ou o clímax também conhecido como *steady-state*, estão geralmente em estado de equilíbrio, onde a produção de nova fitomassa está associada à deposição e decomposição da serapilheira (ANDRADE, TAVARES, COUTINHO, 2013).

Em relação ao conteúdo, a ordem decrescente da concentração de macronutrientes foi $\text{N} > \text{Ca} > \text{S} > \text{Mg} > \text{K} > \text{P}$. O N e o Ca, de modo geral, são encontrados em maiores quantidades em diversas espécies da família Fabaceae, como relatado por Gama-Rodrigues, Gama-Rodrigues e Barros (2008), plantadas em solo de tabuleiro, Argissolo Amarelo muito ácido, no sudoeste da Bahia. Outros estudos relatam a predominância de N e Ca na serapilheira acumulada em diferentes tipologias florestais (GODINHO et al., 2014; FREITAS et al., 2015; KLIPPEL et al., 2016).

Devido aos maiores teores nas folhas, já se esperava maiores teores e conteúdo desses nutrientes na serapilheira acumulada. O Ca faz parte da estrutura das células vegetais, dessa forma sua liberação para o solo via decomposição é mais lenta (KLIPPEL et al., 2016). Portanto, observa-se que esse nutriente, por apresentar baixa mobilidade na planta, é ciclado de forma mais eficiente pela via biogeoquímica (CALDEIRA et al., 2008). Em contrapartida o P, por ser muito móvel e já conter baixos teores foliares, é o macronutriente que teve o menor conteúdo na serapilheira. De modo geral, o conteúdo dos

macronutrientes na serapilheira acumulada foram semelhantes aos observados por Gama-Rodrigues, Gama-Rodrigues e Barros (2008) em outras espécies da família Fabaceae.

A ordem decrescente de micronutrientes (Fe>Mn>Zn>B>Cu) e os respectivos conteúdos são semelhantes à de outros trabalhos, realizados em diferentes tipologias florestais (CALDEIRA et al., 2007; FREITAS et al., 2015; KLIPPEL et al., 2016). O maior conteúdo de Fe pode ser justificado pela sua imobilidade na planta e, conseqüentemente, pelo seu teor elevado nas folhas. Outra justificativa pode ser pela contaminação da serapilheira pelo solo, fato que também pode estar relacionado ao conteúdo do Mn (DECHEN; NACHTIGALL, 2006; MALAVOLTA, 2006; VIEIRA; SCHUMACHER, 2010). Uma vez que os teores foliares são inferiores aos observados na serapilheira.

A média de carbono orgânico na serapilheira acumulada dos tratamentos (3.215,88 Kg ha⁻¹) se assemelha com a observada em plantio de *Centropium robustum* (espécie pioneira da família Fabaceae) e com a observada em Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas no sudoeste da Bahia. Porém é inferior se comparada a outras espécies da mesma família botânica (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2008).

Os processos de mineralização e imobilização determinam a disponibilidade de nutrientes para a planta. Segundo Godinho et al. (2014), o balanço entre esses processos, depende da qualidade do resíduo em decomposição, tendo estreita correlação, dentre outros fatores, com as relações C/N, C/P e C/S.

As relações médias entre os tratamentos C/N, C/P e C/S na serapilheira acumulada de *P. reticulata* foram, respectivamente, de 28,21, 973,01 e 272,59. Segundo Stevenson (1982, apud GODINHO et al., 2014), a relação C/N e C/S apresentam equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização e, dessa forma, a disponibilidade de N e de S não é diminuída e nem aumentada. Ou seja, o teor de N e de S não é limitante para o processo de mineralização. Já a relação C/P é alta e, dessa forma, o processo de imobilização é maior que o de mineralização, tendo o P sua disponibilidade diminuída (Tabela 11).

Tabela 11 – Generalização sobre as relações C/N, C/P e C/S na serapilheira acumulada e potenciais de Imobilização (I) e Mineralização (M) de nutrientes.

C/N	C/P	C/S	Balço: I e M	Disponibilidade de N, P e S
> 30	> 300	> 400	I > M	Diminuída
20 - 30	200 - 300	200 - 400	I = M	Não alterada
< 20	< 200	< 200	I < M	Aumentada

Fonte: Stevenson (1982, apud GODINHO et al., 2014).

5.4 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os solos tropicais, geralmente, são caracterizados pelo seu alto grau de intemperismo, o que ocasiona baixos teores nutricionais e acidez elevada, devido à alta taxa de precipitação, que aumenta a remoção das bases pelo processo de lixiviação (TOMÉ-JUNIOR, 1997; NOVAIS et al., 2007; ERNANI, 2008). A fertilização, como relatado por Silva (2015), pode promover efeitos positivos nos atributos químicos do solo, e dessa forma contribuir para o melhor crescimento vegetal. Os fertilizantes adicionados ao solo, geralmente, são rapidamente absorvidos pelas plantas o que causa aumento dos teores de nutrientes da biomassa vegetal. Dessa forma, a fertilização aumenta apenas temporariamente o teor dos nutrientes do solo, que retornam a teores próximos aos apresentados antes da fertilização após o crescimento vegetal (GODINHO, 2015).

A decomposição da serapilheira acumulada, além de disponibilizar nutrientes para o solo e, conseqüentemente, para as plantas, é importante para melhoria de outros atributos, como a capacidade de retenção de água (NOVAIS et al., 2007; SILVEIRA et al., 2007). Além disso, as raízes das árvores, segundo Iwata et al. (2012), podem melhorar a ciclagem de nutrientes, o que também contribui para a fertilidade do solo a longo prazo.

A matéria orgânica do solo desempenha a função de substituir os cátions H^+ e Al^{3+} pelas bases Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , reduzindo a acidez o que acarreta, também, no aumento de cátions básicos disponíveis para a planta (ERNANI,

2008). Por isso, a acidez que antes do plantio foi alta, passou a ser baixa até os cinco cm e média de cinco a 10 cm.

Outro fator que interfere nesses atributos é a calagem, que foi realizada antes do plantio, já que sua função é promover o aumento do pH, neutralizar o Al no solo e promover o aumento dos teores de Ca e Mg. Ou seja, a calagem transforma as cargas bloqueadas por H^+ , por meio da neutralização (reação com OH^- , fornecido pela reação do calcário no solo, formando H_2O), em cargas efetivas (ocupadas pelas bases) aumentando o pH e a capacidade de troca de cátions efetiva (t) (TOMÉ-JUNIOR, 1997). Acredita-se que a calagem ainda exerce influência sobre o plantio, já que Pauletti et al. (2014) observaram alterações nos atributos químicos do solo, nos primeiros 10 cm, mesmo após três anos de aplicação do calcário em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Em sistemas agroflorestais, Iwata et al. (2012) observaram que a deposição da serapilheira pelo componente arbóreo, contribuiu para a melhoria da fertilidade de Argissolo Vermelho Amarelo de caráter ácido. Segundo Rodrigues et al. (2016), esses benefícios também foram proporcionados por plantios homogêneos de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Duck) (paricá) em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico.

O K não faz parte das estruturas das plantas e participa apenas de processos metabólicos sendo muito móvel nos tecidos vegetais (MALAVOLTA, 2006), dessa forma, na decomposição é um dos primeiros a ser liberado para o solo. No T8 foi observado maior teor de K na profundidade de 0-5 cm do solo, o que pode ser explicado pela elevada mortalidade de árvores e conseqüentemente maior presença de gramíneas, já que essas tendem a ter decomposição mais rápida que espécies da família Fabaceae (TORRES et al., 2005; KLIEMANN; BRAZ; SILVEIRA, 2006).

O Na, também encontrado em maior teor na profundidade de 0-5 cm do solo no T8, não é classificado como nutriente, mas é considerado um elemento benéfico que pode promover o aumento da produtividade de algumas espécies (INOCENCIO; CARVALHO; FURTINI-NETO, 2014). Acredita-se que a baixa sobrevivência nesse tratamento pode ser a responsável pelos maiores teores de Na no solo, já que menos árvores estão fazendo o uso do elemento e as

gramíneas presentes estavam em processo de decomposição devido a capina química.

De modo geral, a fertilidade é inferida pela saturação por bases (V%), que fornece uma ideia da proporção de cargas negativas do solo ocupadas pelos cátions úteis (TOMÉ-JUNIOR, 1997; NOVAIS et al., 2007). O solo nos tratamentos são eutróficos (V% \geq 50), até os 10 cm e tendem a diminuir a fertilidade com o avanço da profundidade. Assim como a saturação por bases, com o aumento da profundidade ocorreu a redução dos teores nutricionais e consequentemente da soma de bases e da CTC efetiva (t), o que pode estar relacionado a diminuição da matéria orgânica entre as profundidades. Já a disponibilidade de P foi baixa em todas as profundidades. Fato que também foi observado por Klippel et al. (2016) em solos com plantios de recuperação de Floresta Atlântica de Tabuleiro em Linhares-ES.

Testando diferentes doses de P no crescimento de *Jatropha curcas* L. (pinhão-manso), Freiburger et al. (2014) observaram que o aumento da dose de P promoveu o aumento da CTC do solo, o que não foi observado nesta pesquisa. Além disso, elevados índices de óxidos (Al e Fe) causam adsorção desse nutriente, já que os íons de fosfato se combinam com os óxidos, formando compostos de baixa solubilidade e, dessa forma, indisponíveis para as plantas (NOVAIS et al., 2007).

Não foram observados valores elevados de nutrientes, o que está de acordo com outras pesquisas sobre fertilidade do solo em áreas de Floresta Atlântica de Tabuleiro. Demonstrando que esses solos, em geral, têm aumento da acidez e diminuição dos nutrientes em profundidade (MAGNAGO et al., 2011; KLIPPEL et al., 2016), confirmando que solos tropicais possuem, geralmente, baixa fertilidade (NOVAIS et al., 2007). Além disso, sabe-se que a área, onde foi realizado o plantio de *P. reticulata*, era ocupada por pastagem para criação de gado de corte e em alguns pontos apresentava-se sem cobertura vegetal, provavelmente causada pelo empobrecimento do solo, o que pode ter contribuído para a fertilidade do mesmo.

6. CONCLUSÕES

As diferentes doses utilizadas no experimento não influenciaram nas variáveis analisadas no plantio de *P. reticulata*, o que mostra que a espécie não é exigente em termos nutricionais às fertilizações de N, P e K. Nessas condições edafoclimáticas ou em condições semelhantes, pode ser plantada em campo sem uso de fertilizantes, podendo ser indicada para programas de reflorestamento e de recuperação de áreas em condições de solos pouco férteis com a acidez corrigida através da calagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2013.
- ANDRADE, A. G. de; TAVARES, S. R. de L.; COUTINHO, H. L. da C. Contribuição da serrapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, p. 55-63, 2003.
- ARAÚJO, E. A. **Localização da área de estudo no município de Sooretama, ES**. Jerônimo Monteiro, ES, 15 jun. 2015 (trabalho não publicado).
- BALIEIRO, F. de C.; DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. de. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 59-65, 2004.
- BELOTE, A. F. J.; NEVES, E. J. M. Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural. **Circular técnica**, Embrapa Florestas, Colombo-PR, v. 54, p. 1-6, 2001.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.
- BRUN, E. J.; BRUN, F. G. K.; FRIGOTTO, T.; RIBEIRO, R. R.; MEZZALIRA, C. C. Crescimento e acúmulo de serapilheira em plantios homogêneos de **Luehea divaricata** Mart. e **Parapiptadenia rigida** (Benth.) Brenan no Sudoeste do Paraná. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 1, n. 3, p. 125-132, 2013.
- BRUN, E. J.; FERRAZ, M. de O.; ARAÚJO, E. F. de. Relação entre o acúmulo de serapilheira sobre o solo e variáveis dendrométricas em povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus maidenii*, em Eldorado do Sul/RS. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v. 1, n. 1, p. 24-31, 2013.
- BRUN, E. J.; ROSA, S. F. da; ROPPA, C.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, F. G. K. Avaliação nutricional de espécies nativas utilizadas na arborização do campus da Universidade Federal de Santa Maria-RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba-SP, v. 7, n. 1, p. 89-111, 2012.
- CALDEIRA, M.V.W., VITORINO, M.D., SCHAADT, S.S., MORAES, E., BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.
- CALDEIRA, M.V.W.; MARQUES, R.; SOARES, R.V.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, 2007.

CARLOS, L.; VENTURIN, N.; FARIAS, E. de S.; MACEDO, R. L. G. Growth and mineral nutrition in seedlings of jacarandá-da-bahia subjected to nutrient deprivation. **Floresta**, Curitiba-PR, v. 45, n. 1, p. 107-116, 2015.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**: Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, vol.3. Embrapa Informação Tecnológica: Brasília-DF, 2008. 593 p.

CAVALCANTI FILHO, L. F. M.; SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; MODESTO, E. C. Caracterização da pastagem de *Brachiaria decumbens* na zona da mata de Pernambuco. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, n. 220, p.391-402, 2008.

COSTA, M. E. da; CALDAS, A. V. C. e; OLIVEIRA, A. de F. M.; GURGEL, M. T.; SILVA, R. M. da. Caracterização nutricional da mangueira “Tommy Atkins” em função da adubação nitrogenada. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.7, n. 1, p. 16 - 22, 2011.

CUNHA, G. de M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; VELLOSO, A. C. X. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da Mata Atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1175-1185, 2009.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. 2007. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**, Viçosa: Sociedades Brasileiras de Ciência do Solo. p.91-132, 2007.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In. FERNANDES, M.S. (Ed). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedades Brasileiras de Ciência do Solo, p. 327-374, 2006.

DIAS, L. P. R.; GATIBONI, L. C.; ERNANI, P. R.; MIQUELLUTI, D. J.; CHAVES, D. M.; BRUNETTO, G. Substituição parcial de fosfato solúvel por natural na implantação de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* no Planalto Sul catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 516-523, 2014.

DUARTE, M. L.; PAIVA, H. N. de; ALVES, M. O.; FREITAS, A. F. de; MAIA, F. F.; GOULART, L. M. L. Crescimento e qualidade de mudas de vinhático (*Platymenia foliolosa* Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 221-229, 2015.

DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. Crescimento inicial e sobrevivência de espécies florestais de matas de Galeria no domínio do Cerrado em resposta à fertilização. **Energ. Agric.**, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 42-60, 2007.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. / editor técnico, Fábio Cesar da Silva. - 2ª ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa informação Tecnológica, 2009. 627p.

EMBRAPA. **Mapa detalhado de solos – Fazenda São Marcos, Sooretama-ES**, projeto BIOMAS/Mata Atlântica. Unidade Central Geobases/Incapcer. 2012.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. **Fabaceae**. Disponível em: <<http://global.britannica.com/plant/Fabaceae>>. Acesso em: 04 jan. 2016.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: O autor, 2008. 230 p.

ESPIG, S.A.; FREIRE, F. J.; MARAGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, M. B. G. dos S.; ESPIG, D. B. Composição e eficiência da utilização biológica de nutrientes em fragmento de Mata Atlântica em Pernambuco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n.3, p. 307-314, 2008.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. 1 ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 77p.

FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na usina hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 177-185, 2007.

FREIBERGER, M. B.; GUERRINI, I. A.; CASTOLDI, G.; PIVETTA, G. Adubação fosfatada no crescimento inicial e na nutrição de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 232-239, 2014.

FREITAS, C. A. A. de; CALDEIRA, M. V. W.; HORN, S. K.; CASTRO, K. C.; VIEIRA, M. Serapilheira acumulada em complexo rupestre de granito, Mimoso do Sul, ES. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 671-681, 2015.

FURLANI, A. M. C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

GAMA-RODRIGUES, A. C. da; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; BARROS, N. F. de. Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1165-1179, 2008.

GATTO, A.; BUSSINGUER, A. P.; RIBEIRO, F. C.; AZEVEDO, G. B. de; BUENO, M. C.; MONTEIRO, M. M.; SOUZA, P. F. de. Ciclagem e balanço de nutrientes no sistema solo-planta em um plantio de *Eucalyptus* sp., no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p. 879-887, 2014.

GAZOLA, R. de N.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DINALLI, R. P.; MORAES, M. L. T. de; CELESTRINO, T. de S.; SILVA, P. H. M. da; DUPAS, E. Doses of N, P and K in the cultivation of *eucalyptus* in soil originally under Cerrado vegetation. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1895-1912, 2015.

GODINHO, T. de O. **Fertilidade e frações de fósforo em solos sob povoamentos monoespecíficos e mistos de *Eucalyptus* e *Acacia mangium***. 2015. 98 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", São Paulo, 2015.

GODINHO, T. de O.; CALDEIRA, M. V. W.; ROCHA, J. H. T.; CALIMAN, J. P.; TRAZZI, P.A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **CERNE**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 11-20, 2014.

GONÇALVES, J. L. de M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.

GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (ed.). **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. 427 p.

HERINGER, E. P.; FERREIRA, M. B. Árvores úteis no Cerrado: (I) Vinhático - o gênero *Plathymenia* Benth. *P. foliolosa* Benth. e *P. reticulata* Benth., vinhático-da-mata e vinhático-do-campo (par vicariante). **Cerrado**, v. 5, p. 28-34, 1972.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ (Brazilian Tree Industry). **Relatório IBÁ 2016**. 2016. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2017.

INOCENCIO, M. F.; CARVALHO, J. G. de; FURTINI-NETO, A. E. Potássio, sódio e crescimento inicial de espécies florestais sob substituição de potássio por sódio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 113-123, 2014.

IWATA, B. de F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 730–738, 2012.

JESUS, G. L. de; BARROS, N. F. de; SILVA, I. R. da; NEVES, J. C. L.; HENRIQUES, E. P.; LIMA, V. C.; FERNANDES, L. V.; SOARES, E. M. B. Doses e fontes de nitrogênio na produtividade do eucalipto e nas frações da matéria orgânica em solo da região do Cerrado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 201-214, 2012.

JUDD, W.S.; et al. **Sistemática Vegetal**: um enfoque filogenético. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 632 p.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. M.; CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, G. F. da; CASTRO, K. C. Acúmulo de serapilheira e nutrientes em área com diferentes

metodologias de Restauração Florestal. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 2, p. 241-250, 2016.

KNAPIK, J. G.; ANGELO, A. C. Crescimento de mudas de *Prunus sellowii* Koehne em resposta a adubações com NPK e pó de basalto. **Floresta**, v. 37, n. 2, p. 257-264. 2007.

LACLAU, J.P.; RANGER, J.; GONÇALVES, J.L.M.; MAQUÈRE, V.; KRUSCHE, A.V.; M'BOU, A.T.; NOUVELLON, Y.; SAINT-ANDRÉ, L.; BOUILLET, J.P.; PICCOLO, M.C.; DELEPORTE, P. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical Eucalyptus plantations main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, n. 9, p. 1771-1785, 2010.

LEMOS-FILHO, J. P. de; GOULART, M. F.; LOVATO, M. B. Populational approach in ecophysiological studies: the case of *Plathymenia reticulata*, a tree from Cerrado and Atlantic Forest. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 205-2016, 2008.

LIMA, H. C. de; et al. **Fabaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB115>>. Acesso em: 04 jan. 2016.

LOPES, R. de M. F.; FREITAS, V. L. de O.; FILHO, J. P. de L. Biometria de frutos e sementes e germinação de *Plathymenia reticulata* Benth. e *Plathymenia foliolosa* Benth. (Fabaceae - Mimosoideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 797-805, 2010.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, v. 1, 2002. 368p.

MAGALHÃES, L. M. S.; BLUM, W. E. H. Concentração e distribuição de nutrientes nas folhas de espécies florestais, na Amazônia Ocidental. **Floresta e Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 127-137, 1999.

MAGNAGO, L. F. S.; SIMONELLI, M.; MARTINS, S. V.; MATOS, F. A. R.; DEMUNER, V. G. Variações estruturais e características edáficas em diferentes estádios sucessionais de Floresta Ciliar de Tabuleiro, ES. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.3, p.445-456, 2011.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa de Potassa e de Fosfato, 1997. 319 p.

MARTINELLI, G.; MORAIS, M. A. (Orgs.). **Livro vermelho da flora do Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100 p.

MATHEUS, M.T.; AMARAL, J. T. do; SILVA, D. G. da; GARCIA, D. M. N.; PIZZOL, E. C. S.; SOUZA, F. C. de; SANTI, G. C.; GUARIZ, H. R.; LIMA, K. A. de; HOFFMANN, R. G. Sintomas de deficiência nutricional em plantas de jatobá. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 17, n. 1, p. 89-97, 2011.

MENDES, K.R.; MARENCO, R.A.; MAGALHÃES, N. dos S. Crescimento e eficiência fotossintética de uso do nitrogênio e fósforo em espécies florestais da Amazônia na fase juvenil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 4, p. 707-716, 2013.

MILLER, H.G. The influence of stand development on nutrient demand, growth and allocation. **Plant and Soil**, v. 168-169, p. 225-232, 1995.

MIWA, K.; FUJIWARA, T. Boron transport in plants: co-ordinated regulation of transporters. **Annals of Botany**, v.105, p.1103-1108, 2010.

MORIM, M.P. **Plathymenia in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB83636>>. Acesso em: 04 jan. 2016.

NARDOTO, G.B.; OMETTO, J.P.H.B.; EHLERINGER, J.R.; BASTAMANTE, M.M.C.; MARTINELLI, L.A. Understanding the influences of spatial patterns on N availability within the Brazilian Amazon Forest. **Ecosystems**, New York, v. 11, n. 8, p. 1234–1246, 2008.

NASCIMENTO, S. M. do; COSTA, J. de C. de A.; BARRETO, L. P.; BEZERRA NETO, E.; PASSOS, M. A. A.; RIBEIRO, J. de S. Composição mineral em diferentes órgãos da cupiúva (*Tapirira guianensis* Aubl.) em parte da Floresta Atlântica em Goiana, PE. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 2, p. 128-134, 2007.

NETO, N. E. O.; FONSECA, C. R. da; CARVALHO, F. A. O problema das espécies arbóreas exóticas comercializadas nos viveiros florestais: estudo de caso no município de Juiz de Fora (MG). **Revista Biologia Neotropical**, v. 11, n. 1, p. 28-46, 2014.

NEVES, O. S. C.; BENEDITO, D. da S.; MACHADO, R. V.; CARVALHO, J. G. de. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 343-349, 2004.

NICOLOSO, F. T.; FOGAÇA, M. A. de F.; ZANCHETI, F.; FORTUNATO, R. P.; MISSIO, E. L. Exigências nutricionais da grápia em Argissolo Vermelho distrófico arênico: (II) Efeito da adubação NPK no teor de nutrientes nos tecidos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 372-380, 2007.

NOVAIS, R. F.; et al. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

- OLIVEIRA, M.C. de; PASSOS, F. B.; RIBEIRO, J. F.; AQUINO, F. G.; OLIVEIRA, F. F.; SOUZA, S. R. Crescimento de espécies nativas em um plantio de recuperação de Cerrado sentido restrito no Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 25-32, 2015.
- OMETTO, J.P.; EHLERINGER, J.R.; DOMINGUES, T.F.; BERRY, J.A.; ISHIDA, F.Y.; MAZZI, E.; HIGUCHI, N.; FLANAGAN, L.B.; NARDOTO, G.B.; MARTINELLI, L.A. The stable carbon isotope and nitrogen isotopic composition of vegetation in tropical forests of the Amazon region, Brazil. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 79, n. 1, p. 251-274, 2006.
- PAULETTI, V.; PIERRI, L de; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, p. 495-505, 2014.
- PEREIRA, E. C.; CÂMARA, F. M. de M.; MEDONÇA, V.; COSTA, J. M. da; CARNEIRO, J. V.; SILVA, R. M. da. Fontes, proporções de materiais orgânicos e doses de fósforo na produção de mudas de pinha. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, p. 84-96, 2015.
- PESSOA, D. **Estatística Não-Paramétrica**. Rio de Janeiro: Instituto de Matemática Pura e Aplicada, 1977. Disponível em: <http://www.impa.br/opencms/pt/biblioteca/cbm/11CBM/11_CBM_77_07.pdf>. Acesso em: 20 jul 2016.
- PORTO, R. de A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SOUZA, D. S. de M.; CORDOVA, N. R. M.; POLIZEL, A. C.; SILVA, T. J. A. da. Adubação potássica em plantas de rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Revista Agro@ambiente**, v. 7, n. 1, p. 28-35, 2013.
- PREZZOTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª Aproximação. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.
- PROJETO BIOMAS. **Projeto Biomas - Mata Atlântica**. Disponível em: <<http://www.projetobiomas.com.br/bioma/mata-atlantica>>. Acesso em: 10 dez 2016.
- RESENDE, A. V. de; FURTINI-NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; CURTI, N.; FAQUIN, V. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2071-2081, 1999.
- RODRIGUES, P. G.; RUIVO, M. de L. P.; PICCININ, J. L.; JARDIM, M. A. G. Contribuições dos atributos químicos do solo no desenvolvimento vegetativo do paricá em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 59-68, 2016.
- ROS, C. O. da; PERRANDO, E. R.; SOMAVILLA, L.; ENGEL, K.; PREDIGE, D. M. S. A.; SILVA, R. F.; SILVA, V. R. Crescimento inicial de povoamentos mistos

de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Toona ciliata* M. Roem var. *australis* com supressão de macronutrientes primários. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 111, p. 769-777, 2016.

SANTOS, J. C. dos; SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; ARAÚJO, E. F. de; LOPES, V. G. Nutrientes na serapilheira acumulada em um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith em São Gabriel, RS. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v. 2, n. 1, p. 1-8, 2014.

SANTOS, J. Z. L.; RESENDE, A. V. de; FURTINI-NETO, E.; CORTE, E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 799-807, 2008.

SANTOS, M.P. dos; CASTRO, Y. de O.; MARQUES, R. de C.; PEREIRA, D. R. M.; GODOY, M. M. de; REGES, N. P. R. Importância da calagem, adubações tradicionais e alternativas na produção de plantas forrageiras: Revisão. **PUBVET: Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2016.

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; CALIL, F. N.; LOPES, V. G. Biomassa e nutrientes no corte raso de um povoamento de *Pinus taeda* L. de 27 anos de idade em Cambará do Sul - RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 321-332, 2013.

SILVA, A. F. da; OLIVEIRA, R. V. de; SANTOS, R. L.; PAULA, A. de. Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de floresta semidecídua submontana da Fazenda São Geraldo, Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 311-319, 2003.

SILVA, F. de S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional ASSISTAT para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SILVA, H. A. da. **Avaliação da Adubação Orgânica e Química na recuperação de áreas degradadas oriundas da Exploração Mineral**. 2015. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

SILVA, I. R. da; FURTINI-NETO, A. E.; CURI, N.; VALE, F. R. do. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 205-212, 1997.

SILVA, J. V. da; NOGUEIRA, G. S.; SANTANA, R. C.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA, M. L. R. de; ALMADO, R. de P. Produção e acúmulo de nutrientes em povoamento de eucalipto em consequência da intensidade do desbaste e da fertilização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 11, p. 1555-1562, 2012.

SILVA-JUNIOR, M. L. da; SOUZA-JUNIOR, J. C. de; BRAGA, A. C. M.; OHASHI, O. S.; MELO, V. S. de; SILVA, G. R. da; PEDROSO, A. J. S.;

VIÉGAS, I. J. de M.; SALDANHA, E. C. M. Crescimento de mogno-brasileiro e resistência a *Hypsipyla grandella* em função do cálcio e do boro. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1085-1094, 2014.

SILVEIRA, N. D.; PEREIRA, M. G.; POLIDORO, J. C.; TAVARES, S. R. L.; MELLO, R. B. Aporte de nutrientes e biomassa via serapilheira em sistemas agroflorestais em Paraty (RJ). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 129-136, 2007.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F. de; SOUZA, A. L. de. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007.

SORREANO, M.C.M.; RODRIGUES, R.R.; BOARETTO, A.E. **Guia de nutrição para espécies florestais nativas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 254 p.

SOUZA, C. A. M. de; OLIVEIRA, R. B. de; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. de S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 5.ed. 2013. 719p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEIS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Ver. e ampl. - Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TOMÉ-JUNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 609-618, 2005.

TURRENT, F. A. **Uso de una matriz mixta para la optimización de cinco a ocho factores controlables de la producción**. Chapingo: Rama de Suelos, Colégio de Postgraduados, 1979. 65 p. (Boletim técnico, 6).

VALADARES, S. V.; SILVA, L. F. da; VALADARES, R. V.; FERNANDES, L. A.; NEVES, J. C. L.; SAMPAIO, R. A. Plasticidade fenotípica e frações fosfatadas em espécies florestais como resposta à aplicação de fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 39, n. 2, p. 225-232, 2015.

VENTURIN, N.; CARLOS, L.; SOUZA, P. A. de; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, R. P.; HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight em função de diferentes espaçamentos e idades. **CERNE**, v. 20, n. 4, p. 629-636, 2014.

VIEIRA, C. R.; OLIVEIRA, D. P. de; WEBER, O. L. dos S. Omissão de macronutrientes no crescimento e deficiência nutricional de mudas do vinhático (*Plathymenia reticulata*). **Revista Biociências**, Taubaté, v. 21, n. 2, p. 74-85, 2015.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. **Revista Árvore**, Viçosa- MG, v. 34, n. 1, p. 85-94, 2010.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W.; WATZLAWICK, L. F. Teores de nutrientes em povoamento monoespecíficos e mistos de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em sistema agrossilvicultural. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 67-76, 2013.

VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; TRÜBY, P. Micronutrientes na biomassa acima do solo em uma Floresta Estacional Subtropical. **CERNE**, v. 21, n. 2, p. 175-182, 2015.

WARWICK, M.C.; LEWIS, G.P. Revision of *Plathymeria* (Leguminosae-Mimosoideae). **Edinburgh Journal Of Botany**, v. 60, n. 2, p. 111-119, 2003.

APÊNDICES

Apêndice A – Média \pm desvio padrão do crescimento em altura (m) e em DAP (cm) por tratamento em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.

Tratamentos	Altura (m)		DAP (cm)	
1	6,00	$\pm 0,38$	8,53	$\pm 0,87$
2	6,14	$\pm 0,90$	9,64	$\pm 1,13$
3	6,32	$\pm 0,44$	9,50	$\pm 0,40$
4	6,56	$\pm 0,18$	9,85	$\pm 0,17$
5	6,88	$\pm 0,37$	9,71	$\pm 0,29$
6	5,99	$\pm 0,52$	9,92	$\pm 0,83$
7	5,69	$\pm 1,09$	9,54	$\pm 1,11$
8	5,69	$\pm 0,55$	9,92	$\pm 1,39$
9	6,60	$\pm 0,48$	9,38	$\pm 0,26$
10	5,83	$\pm 0,92$	8,15	$\pm 1,17$
11	6,31	$\pm 0,59$	9,49	$\pm 0,91$
Média	6,18	$\pm 0,39^*$	9,42	$\pm 0,57^{**}$

Em que: DAP = diâmetro à altura do peito; *Desvio padrão das médias de altura; **Desvio padrão das médias de DAP; n = 3. Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cova⁻¹ de N, 27 g cova⁻¹ de P₂O₅, 20 g cova⁻¹ de K₂O; T3 = T2 + 20 g cova⁻¹ de N; T4 = T2 + 40 g cova⁻¹ de N; T5 = T2 + 60 g cova⁻¹ de N; T6 = T2 + 20 g cova⁻¹ de P₂O₅; T7 = T2 + 40 g cova⁻¹ de P₂O₅; T8 = T2 + 60 g cova⁻¹ de P₂O₅; T9 = T2 + 20 g cova⁻¹ de K₂O; T10 = T2 + 40 g cova⁻¹ de K₂O; T11 = T2 + 60 g cova⁻¹ de K₂O.

Apêndice B – Análise de Variância (ANOVA) para o crescimento em altura em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	2	1,62	0,81	2,20 ^{ns}
Tratamentos	10	4,54	0,45	1,23 ^{ns}
Resíduo	20	7,35	0,36	
Total	32	13,52		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$).

Apêndice C – Análise de Variância (ANOVA) para o crescimento em DAP (diâmetro à altura do peito) em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	2	5,45	2,72	4,77 *
Tratamentos	10	9,8	0,98	1,71 ns
Resíduo	20	11,42	0,57	
Total	32	26,67		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); ns não significativo ($p \leq 0,05$).

Apêndice D – Análise de Variância (ANOVA) para porcentagem de indivíduos mortos (mortalidade) em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	2	91,65	45,82	0,34
Tratamentos	10	20604	2060,4	15,57**
Resíduo	20	2645	132,24	
Total	32	23341		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); ns não significativo ($p \leq 0,05$).

Apêndice E – Teste de Tukey para médias dos tratamentos para porcentagem de indivíduos mortos (mortalidade) em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.

Tratamento	Média
1	1,85 b
2	14,81 b
3	11,11 b
4	5,55 b
5	14,81 b
6	53,7 a
7	68,51 a
8	72,22 a
9	7,4 b
10	14,81 b
11	11,11 b

Em que: Média: média da porcentagem da mortalidade por tratamento; *Teste de Tukey para médias dos blocos; n = 3. Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cova⁻¹ de N, 27 g cova⁻¹ de P₂O₅, 20 g cova⁻¹ de K₂O; T3 = T2 + 20 g cova⁻¹ de N; T4 = T2 + 40 g cova⁻¹ de N; T5 = T2 + 60 g cova⁻¹ de N; T6 = T2 + 20 g cova⁻¹ de P₂O₅; T7 = T2 + 40 g cova⁻¹ de P₂O₅; T8 = T2 + 60 g cova⁻¹ de P₂O₅; T9 = T2 + 20 g cova⁻¹ de K₂O; T10 = T2 + 40 g cova⁻¹ de K₂O; T11 = T2 + 60 g cova⁻¹ de K₂O.

Apêndice F – Análise de Variância (ANOVA) para biomassa de serapilheira acumulada em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	2	1194697,80	597348,90	0,1189 ^{ns}
Tratamentos	10	34090294,84	3409029,48	0,6784 ^{ns}
Resíduo	20	100507867,35	5025393,36	
Total	32	23341		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo ($p \leq 0,05$).

Apêndice G – Biomassa média \pm desvio padrão da serapilheira acumulada por tratamento em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.

Tratamento	Serapilheira Acumulada (Mg ha⁻¹)
1	6,98 \pm 1,08
2	7,29 \pm 0,66
3	7,96 \pm 1,75
4	7,79 \pm 2,14
5	5,94 \pm 1,15
6	6,76 \pm 1,64
7	6,71 \pm 2,25
8	7,08 \pm 3,20
9	8,56 \pm 0,39
10	7,12 \pm 1,12
11	9,89 \pm 4,56
Média	7,46 \pm1,07

Em que: DP = desvio padrão; *Desvio padrão das médias de biomassa da serapilheira; n = 3. Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cova⁻¹ de N, 27 g cova⁻¹ de P₂O₅, 20 g cova⁻¹ de K₂O; T3 = T2 + 20 g cova⁻¹ de N; T4 = T2 + 40 g cova⁻¹ de N; T5 = T2 + 60 g cova⁻¹ de N; T6 = T2 + 20 g cova⁻¹ de P₂O₅; T7 = T2 + 40 g cova⁻¹ de P₂O₅; T8 = T2 + 60 g cova⁻¹ de P₂O₅; T9 = T2 + 20 g cova⁻¹ de K₂O; T10 = T2 + 40 g cova⁻¹ de K₂O; T11 = T2 + 60 g cova⁻¹ de K₂O.

Apêndice H – Teor médio dos macronutrientes (g kg^{-1}) e carbono orgânico por tratamento da serapilheira acumulada em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.

Nutriente g/kg	N	P	K	Ca	Mg	S	C _{org.}
Tratamentos	Média	Média	Média	Média	Média	Média	%
1	14,96	0,39	0,98	9,13	1,50	1,53	43,93
2	15,96	0,43	1,04	9,69	1,77	1,40	43,06
3	14,75	0,44	1,08	9,38	1,69	1,62	42,26
4	15,47	0,40	0,91	9,46	1,52	1,54	43,76
5	16,54	0,44	0,87	9,44	1,52	1,53	43,90
6	16,26	0,55	1,06	9,32	1,73	2,89	43,13
7	15,56	0,53	1,59	7,11	1,54	2,09	42,61
8	12,60	0,54	1,69	6,70	1,54	1,43	42,58
9	15,68	0,44	0,84	9,27	1,55	1,45	43,59
10	16,15	0,45	1,21	6,86	1,56	1,40	43,35
11	15,35	0,39	0,83	7,80	1,36	1,27	42,32

Em que: N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; C_{org.} = carbono orgânico; n = 3. Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cova⁻¹ de N, 27 g cova⁻¹ de P₂O₅, 20 g cova⁻¹ de K₂O; T3 = T2 + 20 g cova⁻¹ de N; T4 = T2 + 40 g cova⁻¹ de N; T5 = T2 + 60 g cova⁻¹ de N; T6 = T2 + 20 g cova⁻¹ de P₂O₅; T7 = T2 + 40 g cova⁻¹ de P₂O₅; T8 = T2 + 60 g cova⁻¹ de P₂O₅; T9 = T2 + 20 g cova⁻¹ de K₂O; T10 = T2 + 40 g cova⁻¹ de K₂O; T11 = T2 + 60 g cova⁻¹ de K₂O.

Apêndice I – Teor médio dos micronutrientes (mg/kg) por tratamento da serapilheira acumulada em plantio de *P. reticulata* aos três anos de idade, em Sooretama - ES.

Nutrientes mg/kg	Fe	Zn	Cu	Mn	B
Tratamentos	Média	Média	Média	Média	Média
1	856,00	29,67	6,67	50,33	19,00
2	937,33	32,00	6,00	50,67	21,67
3	1116,67	29,33	6,00	46,33	18,33
4	915,00	27,00	6,67	49,33	19,67
5	888,00	27,67	6,67	51,00	27,67
6	1278,67	31,33	6,33	58,00	17,00
7	1189,00	33,00	5,00	47,33	16,33
8	1118,00	29,67	5,33	44,00	16,33
9	983,67	28,33	6,00	50,33	21,67
10	1043,00	32,33	6,33	47,33	20,00
11	801,33	29,00	5,67	46,67	22,00

Em que: Fe = ferro; Zn = zinco; Cu = cobre; Mn = manganês; B = boro; n = 3. Tratamentos: T1 = sem fertilização; T2 = 20 g cova⁻¹ de N, 27 g cova⁻¹ de P₂O₅, 20 g cova⁻¹ de K₂O; T3 = T2 + 20 g cova⁻¹ de N; T4 = T2 + 40 g cova⁻¹ de N; T5 = T2 + 60 g cova⁻¹ de N; T6 = T2 + 20 g cova⁻¹ de P₂O₅; T7 = T2 + 40 g cova⁻¹ de P₂O₅; T8 = T2 + 60 g cova⁻¹ de P₂O₅; T9 = T2 + 20 g cova⁻¹ de K₂O; T10 = T2 + 40 g cova⁻¹ de K₂O; T11 = T2 + 60 g cova⁻¹ de K₂O.