

Cristina Aledi Felsemburgh
(Organizadora)

ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas



Cristina Aledi Felsemburgh
(Organizadora)

ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas



Atena
Editora

Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharia florestal: resultados das pesquisas e inovações tecnológicas

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Cristina Aledi Felsemburgh

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia florestal: resultados das pesquisas e inovações tecnológicas / Organizadora Cristina Aledi Felsemburgh. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0554-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.542221908>

1. Engenharia florestal. I. Felsemburgh, Cristina Aledi (Organizadora). II. Título.

CDD 634.928

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

É com enorme prazer que apresentamos o e-book “Engenharia florestal: Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas” elaborado para a divulgação de resultados e avanços relacionados às Ciências Florestais. O e-book está disposto em 1 volume subdividido em 05 capítulos. Os capítulos estão organizados de acordo com a abordagem por assuntos relacionados às diversas áreas da Engenharia Florestal. Em uma primeira parte, os capítulos estão de forma a atender as áreas voltadas às tecnologias no setor florestal para mensuração de árvores de forma rápida, menos onerosa e degradante ao ambiente florestal além de informações bibliográficas da geotecnologia no levantamento e estimativas de biomassa e estoque de carbono. E em uma segunda parte, os trabalhos estão estruturados aos temas relacionados aos tratos silviculturais, crescimento das espécies arbóreas, influência e interação da edafoclimatologia na ecologia das espécies. Desta forma, o e-book “Engenharia florestal: Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas” apresenta relevantes e promissores resultados realizados por professores e acadêmicos que serão dissertados nesta obra de forma didática. Agradecemos o empenho e dedicação de todos os autores por partilharem ao público os resultados dos trabalhos desenvolvidos por seus grupos de pesquisa. Esperamos que os trabalhos aqui apresentados possam estimular e inspirar outros estudos voltados às Ciências Florestais.

Cristina Aledi Felseburgh

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

APLICAÇÃO DO CRITERION RD 1000 PARA A COLETA DE DADOS DE CUBAGEM NÃO DESTRUTIVA

Thaila Heberle

Thiago Floriani Stepka

Marcos Felipe Nicoletti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219081>

CAPÍTULO 2..... 16

GEOTECNOLOGIAS EMPREGADAS NO INVENTÁRIO DE BIOMASSA E CARBONO EM FLORESTAS: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Paulo Henrique de Souza

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

William Macedo Delarmelina

Gabriel Soares Lopes Gomes

Robert Gomes

Victor Braga Rodrigues Duarte

Hivo Reblin Eufrazio

Cássia dos Santos Azevedo

Marcello Zatta Péres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219082>

CAPÍTULO 3..... 25

PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO EM POVOAMENTO DE *Schizolobium parahyba* VAR. *amazonicum* EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

Francielle Santana de Oliveira

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Paulo André Trazzi

Robert Gomes

Matheus Lopes Souza

Gabriel Soares Lopes Gomes

Cássia dos Santos Azevedo

Hivo Reblin Eufrazio

Marcello Zatta Péres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219083>

CAPÍTULO 4..... 38

CARACTERIZAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO EM POVOAMENTOS DE LEGUMINOSA ARBÓREA

Robert Gomes

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Paulo André Trazzi

Francielle Santana de Oliveira

Gabriel Soares Lopes Gomes

Cássia dos Santos Azevedo

Marcello Zatta Pères
Jéssica Tetzner de Oliveira
Victor Braga Rodrigues Duarte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219084>

CAPÍTULO 5..... 51

**EXISTE RELAÇÃO DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS COM A DEPOSIÇÃO DE
SERAPILHEIRA EM PLANTIO DE *Eucalyptus*?**

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Roberto Rorras dos Santos Moura

David Pessanha Siqueira

Elzimar de Oliveira Gonçalves

Hivo Rebin Eufrasio

Tiago de Oliveira Godinho

Adelson Lemes da Silva Júnior

Júlio César Tannure Faria

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219085>

SOBRE A ORGANIZADORA..... 66

ÍNDICE REMISSIVO..... 67

CARACTERIZAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO EM POVOAMENTOS DE LEGUMINOSA ARBÓREA

Data de aceite: 01/08/2022

Robert Gomes

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro – ES
<https://orcid.org/0000-0003-3004-0049>

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro – ES
<https://orcid.org/0000-0003-4691-9891>

Paulo André Trazzi

Universidade Federal do Acre
Rio Branco – AC
<https://orcid.org/0000-0003-4255-3466>

Francielle Santana de Oliveira

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro – ES
<https://orcid.org/0000-0002-8872-7655>

Gabriel Soares Lopes Gomes

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro – ES
<https://orcid.org/0000-0002-3211-3929>

Cássia dos Santos Azevedo

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro – ES
<https://orcid.org/0000-0001-5835-319X>

Marcello Zatta Péres

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro – ES
<https://orcid.org/0000-0001-8030-8619>

Jéssica Tetzner de Oliveira

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro – ES
<https://orcid.org/0000-0002-4750-2185>

Victor Braga Rodrigues Duarte

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro – ES
<https://orcid.org/0000-0002-4958-6810>

RESUMO: Espécies florestais nativas como *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. var. *peregrina* (angico-vermelho) são promissoras na composição de povoamentos florestais, pois são capazes de conciliar a produção de bens ao provimento de serviços ambientais. Porém, pouco se sabe sobre seus tratamentos silviculturais e sua influência em solos tropicais. Este capítulo buscou descrever os atributos químicos do solo e avaliar a influência de diferentes espaçamentos de plantio em povoamentos de *A. peregrina* var. *peregrina* 8,2 anos após seu estabelecimento. O estudo foi desenvolvido em área cedida pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes), Campus de Alegre, ES. O povoamento foi implantado em junho de 2011. Foram alocados três blocos, onde foram avaliados três tratamentos, correspondendo aos espaçamentos de plantio 3 m x 3 m, 4 m x 4 m e 5 m x 5 m. Em cada parcela, o solo foi amostrado por meio de uma trincheira de 1 metro de profundidade. Foram retiradas amostras para análise química em diferentes profundidades. O espaçamento de plantio não influenciou os atributos químicos do solo. De forma geral, a

camada superficial dos solos avaliados possui teores médios de K e Mg, teores baixos de P e Ca, além de acidez média, baixa saturação de bases e CTC (T) média. A composição química do solo estudado evidencia a ausência de tratamentos silviculturais de manutenção da fertilidade, que a longo prazo podem se tornar fator limitante ao desenvolvimento da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Fertilidade do solo; Carbono florestal; Leguminosa fixadora; Silvicultura tropical.

SOIL FERTILITY CHARACTERIZATION IN LEGUME TREE STANDS

ABSTRACT: Native forest species such as *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. var. *peregrina* (angico-vermelho) are promising in the composition of forest stands, because they are able to reconcile production to the provision of environmental services. However, little is known about their silvicultural management and their influence on tropical soils. This chapter aimed to describe the chemical attributes of the soil and evaluate the influence of different planting spacing in stands of *A. peregrina* var. *peregrina* 8.2 years after its establishment. The study was developed in an area granted by the Federal Institute of Education, Science and Technology of Espírito Santo (Ifes), in Alegre, Espírito Santo, Brazil. The stand was established in June 2011. Three blocks were allocated, where three treatments were evaluated, corresponding to planting spacing 3 m x 3 m, 4 m x 4 m and 5 m x 5 m. In each plot, the soil was sampled by means of a 1-meter deep trench. Samples were taken for chemical analysis at different depths. The planting spacing did not influence the chemical attributes of the soil. In general, the superficial layer of the evaluated soils has medium K and Mg contents, low P and Ca contents, besides medium acidity, low base saturation and medium CEC. The chemical composition of the soil studied shows the absence of silvicultural treatments for maintaining fertility, which in the long term may become a limiting factor for the development of the stands.

KEYWORDS: Soil fertility; Forest carbon; N-fixing legume; Tropical forestry.

1 | INTRODUÇÃO

Sabe-se que às propriedades químicas e a matéria orgânica tem papel fundamental na fertilidade do solo, sendo as principais fontes de nutrientes para as plantas (ARAUJO; TORMENA; SILVA, 2004). A fertilidade em povoamentos florestais depende de alguns fatores, como a disponibilidade de água, aeração, temperatura do ar e compactação do solo. Os solos florestais em geral são nutricionalmente pobres e sua fertilidade regulada pela ciclagem de nutrientes (RANGER; TURPAULT, 1999).

A intensidade dos fenômenos em povoamentos florestais pode ser grandemente influenciada pelo espaçamento de plantio (BENOMAR; DESROCHERS; LAROCQUE, 2012). Sua escolha é essencial pois está associada a distribuição das raízes, o crescimento da copa, a disponibilidade de água, luz e nutrientes para as árvores, afetando de forma direta a deposição da biomassa (CRAINE; DYBZINSKI, 2013; STAPE et al., 2010; GONÇALVES et al., 2013). Além do espaçamento, espécies que possuem associações com microrganismos fixadores de N₂ da atmosfera, que podem ter seu crescimento favorecido e acumular outros

nutrientes em sua biomassa, favorecem o solo mediante maior retorno de nutrientes após decomposição (CARVALHO, 1998).

Dentre as espécies arbóreas fixadoras de N_2 , *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. var. *peregrina*, tem seu valor econômico reconhecido, por possuir características tecnológicas desejáveis à produção de móveis ou para uso estrutural (CARVALHO, 2003). O plantio dessa espécie ainda não é priorizado pela silvicultura brasileira, pois suas características de crescimento, comportamento silvicultural e aptidão nutricional ainda são pouco estudadas. Informações sobre fertilidade do solo e práticas de manejo em povoamentos de *A. peregrina* var. *peregrina* ainda são escassas na literatura.

Em vista da promissora silvicultura das espécies nativas e do pouco conhecimento sobre o manejo de florestas tropicais plantadas, o objetivo deste estudo foi descrever os atributos químicos do solo e investigar a relação entre diferentes espaçamentos de plantio e a fertilidade do solo em povoamentos de *A. peregrina* var. *peregrina*, após 8,2 anos de plantio. Testou-se a hipótese de que os espaçamentos mais adensados intensificam a deposição e incorporação de nutrientes no solo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Os povoamentos estudados estão localizados em uma área experimental próxima a BR 482, no distrito de Rive, Alegre, ES, denominada “Floresta Piloto”, que pertence ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes), Campus de Alegre, ES. A área era anteriormente utilizada para atividades agropecuárias com baixa tecnificação e ausência de fertilização mineral, havendo pastejo animal e ocorrência de gramíneas do gênero *Urochloa* sp. como vegetação principal. O clima da região é do tipo Aw na classificação de Köppen, com inverno seco e verão chuvoso, com média anual de 24 °C e precipitação anual de 1200 mm (ALVARES et al., 2013).

O tipo de solo varia de acordo com os blocos experimentais, de acordo com levantamento realizado pelo Ifes (1984, dados não publicados) em toda extensão da área de estudo. No bloco 1, predomina o Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico; no bloco 2, o solo é classificado como Cambissolo Háptico eutrófico; e no bloco 3 Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. A área experimental é parte do domínio do bioma Mata Atlântica e está inserida na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim (EUGÊNIO et al., 2013).

Foram coletadas amostras para caracterização da fertilidade do solo anterior ao plantio, em setembro de 2010. Amostras deformadas foram coletadas conforme caminhamento em zig-zag e formaram duas amostras compostas para cada bloco, de acordo com as profundidades de coleta 0 – 20 cm e 20 – 40 cm. As amostras foram homogeneizadas, acondicionadas em recipiente adequado e enviadas para análise química (Tabela 1), segundo os procedimentos da Embrapa (TEIXEIRA et al., 2017). A classe

textural do solo foi definida e atualizada com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (SANTOS et al., 2018).

Bloco	Camada	pH	P	K	Ca	Mg	H + Al	CTC(T)	SB	C	MO	V	m
	(cm)	H ₂ O	-- mg dm ⁻³ --				cmol _c dm ⁻³			-- g kg ⁻¹ ---		---- % -----	
1	0 – 20	6,0	2,0	75,1	3,5	2,0	2,9	8,7	5,7	12,2	21,0	66,2	0,0
	20 – 40	5,9	2,7	39,2	4,2	2,1	1,7	8,1	6,4	5,3	9,1	79,2	0,0
2	0 – 20	6,0	1,9	68,6	4,4	2,3	2,9	9,7	6,8	14,4	24,8	70,3	0,0
	20 – 40	6,1	1,9	41,8	4,7	2,0	2,1	8,9	6,9	6,9	12,0	77,0	0,3
3	0 – 20	5,5	2,3	66,7	1,2	1,0	3,1	5,4	2,4	12,2	21,0	43,6	7,7
	20 – 40	5,3	2,0	42,8	0,9	0,8	2,7	4,6	1,9	8,4	14,5	40,8	14,1

Em que: SB - Soma de bases trocáveis; CTC(T) - Capacidade de troca catiônica a pH 7; V - Índice de saturação em bases; m - Índice de saturação em alumínio. Métodos: pH em água - Relação 1:2,5; P, K - Extrator Mehlich¹; Ca, Mg - Extrator KCl, 1 mol L⁻¹; H + Al - Correlação pH-SMP; C - Carbono orgânico (Oxidação por via úmida); MO - Matéria orgânica (C x 1,724).

Tabela 1 – Principais atributos químicos do solo, nove meses antes da implantação dos povoamentos de *A. peregrina* var. *peregrina*, em Alegre, ES.

Fonte: Adaptado de Souza (2018).

2.2 Implantação do povoamento

O povoamento de *A. peregrina* var. *peregrina* foi implantado em junho de 2011. O preparo da área contou com a retirada de bovinos existentes no local, isolamento da área com auxílio de cercas de arame e uso de produto químico a base de glifosato para dessecar as gramíneas e controlar espécies espontâneas. O plantio foi realizado em covas com dimensões de 0,30 m x 0,30 m x 0,30 m e as mudas, com altura média de 0,50 m, foram fornecidas pelo viveiro da Reserva Natural Vale, em Linhares, ES. A adubação inicial foi feita utilizando 220 gramas por planta do formulado NPK 02-30-06, que contém em sua composição os micronutrientes B (0,2 %), Cu (0,2 %) e Zn (0,2 %). A manutenção do plantio foi realizada durante um ano, com operações de replantio, roçada e capina manual.

Foram alocados três blocos, onde foram avaliados três tratamentos que se diferenciam em espaçamentos de plantios, sendo 3 m x 3 m (1111 árvores ha⁻¹), 4 m x 4 m (833 árvores ha⁻¹) e 5 m x 5 m (400 árvores ha⁻¹). Cada bloco possui três repetições, em parcelas amostrais com dimensões de 30 m por 50 m, (área de 1500 m²), totalizando 27 unidades amostrais. Para a amostragem de solo foi utilizada apenas uma parcela por bloco (nove no total), por questões financeiras e dificuldades referentes a amostragem em trincheiras que demandam maiores esforços e mão de obra.

2.3 Amostragem do solo

Em agosto de 2019, com 8,2 anos após a implantação, foi realizada a amostragem de solo utilizando trincheiras para caracterização química e quantificação dos teores de

carbono orgânico e nitrogênio total em profundidade. Foi alocado um ponto amostral em cada um dos três blocos, para cada espaçamento (tratamento) estudado, totalizando nove pontos amostrais. Em cada ponto amostral foi aberta uma trincheira, com um (01) metro de profundidade, expondo o perfil do solo. A amostragem ocorreu desconsiderando as bordas da parcela, alocando pontos no centro de quatro indivíduos com diâmetros a 1,30 m de altura do solo médios, que representam o povoamento.

As trincheiras foram subdivididas de acordo com as camadas de profundidade 0 – 20, 20 – 40, 40 – 60, 60 – 80 e 80 – 100 cm, de onde amostras deformadas foram extraídas com o auxílio do enxadão. As amostras de cada um dos espaçamentos e profundidades foram acondicionadas em recipientes plásticos e enviadas para o laboratório. Os procedimentos seguiram as recomendações da Embrapa (TEIXEIRA et al., 2017). Para a análise de fertilidade foi utilizado o extrator Mehlich para determinar Fósforo, Potássio e Sódio; Fósforo Remanescente: solução de equilíbrio CaCl_2 10 mmol L⁻¹; pH em água 1:2,5; H+Al - pH SMP; Matéria orgânica: Oxidação com $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$ 10 mol L⁻¹; Cálcio, magnésio e alumínio: Extrator KCl 1 mol L⁻¹. As análises de carbono orgânico foram realizadas pela oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio e a análise de nitrogênio total através da titulação de solução sulfúrica (digestão Kjeldahl).

2.4 Análise estatística

O delineamento experimental foi em Blocos Casualizados (DBC), com três tratamentos e três repetições. Os dados foram testados quanto a normalidade de resíduos através do teste Shapiro-Wilk. Foi procedida a estatística descritiva, através de parâmetros como média, mínimo e máximo, desvio padrão e coeficiente de variação. Procedeu-se a análise de variância (ANOVA). A análise de variância foi executada em ambiente R, pacote “Expdes.pt” e a estatística descritiva no *software* Bioestat 5.0.

3 | RESULTADOS

Os diferentes espaçamentos de plantio testados não diferiram estatisticamente quanto aos atributos químicos do solo avaliados neste estudo ($p > 0,05$). Foram dispostas as médias dos tratamentos e a estatística descritiva das variáveis considerando todos os tratamentos e repetições, a fim de caracterizar os dados (Tabela 2).

Os blocos experimentais expressaram seus efeitos devido ao contraste entre diferentes tipos de solo, principalmente para Ca até a profundidade de 60 cm e saturação por bases (V) nas camadas intermediárias (entre 20 e 60 cm de profundidade). Dentre as áreas de plantio, o Bloco 2 tem valores superiores aos demais em Ca, contribuindo também para maior V (%), possivelmente em decorrência de uma maior disponibilidade natural de bases. Os teores de Ca e Mg antes do plantio podem ser verificados na Tabela 1. Ocorre nos blocos experimentais solos do tipo Argissolo (predominantemente no bloco

1), Cambissolo (no bloco 2) e Latossolo (no bloco 3). Destes, o Argissolo e o Latossolo são mais profundos e intemperizados e o Cambissolo uma formação mais jovem.

Na camada até 20 cm foi observado alto coeficiente de variação (CV) para as variáveis P (43 %), K (36 %), Ca (32 %), Mg (49 %) e m (66 %). Comparando as profundidades amostradas, foi observada significância nos teores de K para T2 (4 m x 4 m) e nos teores de Ca e Mg para T3 (5 m x 5 m), com decréscimo para as camadas mais profundas. Todos os espaçamentos possuem variação na CTC a pH 7,0 e matéria orgânica do solo (MOS) entre profundidades.

Com base nos níveis ideais para os atributos do solo recomendados por Prezotti (2007) e Prezotti e Guarçoni (2013), pode-se descrever o panorama geral de fertilidade dos solos na área de estudo. A maioria dos solos possuem acidez média, com valor médio de pH em água variando entre 5,1 e 6,0 para a camada superficial do solo. O teor de P se encontra baixo para todos os espaçamentos de plantio. Os níveis de potássio são considerados médios para a camada superficial e variam de médio a baixo nas demais profundidades. Quanto às bases Ca e Mg, os solos possuem teores baixos e médios, respectivamente, tanto para a superfície quanto em profundidade. O solo possui teor médio de matéria orgânica e valores médios para a CTC a pH 7,0 nas camadas superiores. Os solos apresentam baixa saturação por bases, variando entre 38,33 % e 41,97 % para a camada superficial.

Espaçamentos ^{ns}	P	K	Ca	Mg	CTC (T)	pH	MOS	(V)	(m)
	--- (mg dm ⁻³) ---	----- (cmol _c dm ⁻³) -----	(H ₂ O)	(g kg ⁻¹)	----- (%)	-----			
Profundidade 0 – 0,20 m									
3 m x 3 m	4,0	97,0	1,3	0,7	5,8 a	5,4	28,0 a	38,9	10,5
4 m x 4 m	3,3	81,3 a	1,4	0,9	5,9 a	5,5	22,7 a	42,0	10,9
5 m x 5 m	4,0	69,3	1,3 a	0,6 a	5,6 a	5,4	24,7 a	38,3	10,2
Média	3,8	82,6	1,4	0,7	5,8	5,4	25,1	39,7	10,6
Mínimo	2,0	24,0	0,7	0,5	4,8	5,1	17,0	29,1	0,0
Máximo	7,0	130,0	2,0	1,7	7,1	6,0	32,0	56,4	21,3
DP	1,6	29,7	0,4	0,4	0,9	0,3	5,2	8,5	7,0
CV (%)	43	36	32	49	15	5	21	22	66
Profundidade 0,20 - 0,40 m									
3 m x 3 m	2,0	53,0	1,4	0,6	5,5 ab	5,4	18,3 b	37,6	14,1
4 m x 4 m	1,3	48,0 ab	1,2	0,6	5,1 b	5,3	15,7 b	37,0	14,8
5 m x 5 m	1,7	67,0	1,0 ab	0,5 ab	4,6 ab	5,2	12,7 b	35,1	18,7
Média	1,7	56,0	1,2	0,6	5,1	5,3	15,6	36,5	15,9
Mínimo	1,0	20,0	0,6	0,4	4,4	5,1	11,0	26,4	0,0
Máximo	2,0	120,0	2,7	1,0	6,7	5,7	21,0	53,9	23,1

DP	0,5	28,3	0,7	0,2	0,9	0,2	3,5	9,3	8,8
CV (%)	30	51	61	34	17	4	22	25	56
Profundidade 0,40 - 0,60 m									
3 m x 3 m	1,3	78,3	1,4	0,5	4,7 bc	5,5	11,3 c	44,7	6,3
4 m x 4 m	1,0	29,0 b	1,2	0,5	4,7 b	5,3	10,0 bc	37,0	20,9
5 m x 5 m	1,7	55,7	0,9 ab	0,4 ab	4,3 b	5,2	9,7 b	33,7	23,4
Média	1,3	54,3	1,2	0,5	4,6	5,3	10,3	38,5	16,9
Mínimo	1,0	20,0	0,6	0,2	3,9	4,8	9,0	24,1	0,0
Máximo	3,0	110,0	2,7	0,9	6,1	5,9	13,0	57,7	39,4
DP	0,7	34,8	0,7	0,2	0,8	0,4	1,2	11,1	15,0
CV (%)	53	64	63	41	18	7	12	29	89
Profundidade 0,60 - 0,80 m									
3 m x 3 m	1,3	86,7	1,5	0,6	4,4 c	5,8	9,0 c	50,7	3,4
4 m x 4 m	1,0	32,7 ab	1,0	0,8	4,7 b	5,4	8,7 c	38,4	17,3
5 m x 5 m	2,0	73,7	0,9 ab	0,3 b	4,2 b	5,1	8,3 b	33,8	22,9
Média	1,4	64,3	1,1	0,6	4,4	5,5	8,7	40,9	14,5
Mínimo	1,0	18,0	0,5	0,3	3,7	4,8	8,0	22,9	0,0
Máximo	4,0	160,0	2,7	1,7	5,6	6,2	10,0	66,7	33,0
DP	1,0	53,2	0,7	0,5	0,7	0,4	0,7	14,4	12,7
CV (%)	70	83	60	80	15	8	8	35	88
Profundidade 0,80 - 1,00 m									
3 m x 3 m	1,3	89,0	1,5	0,6	4,6 bc	5,8	8,0 c	49,7	8,5
4 m x 4 m	1,3	40,7 ab	1,1	0,8	4,7 b	5,3	7,7 c	40,9	21,8
5 m x 5 m	2,0	79,3	0,7 b	0,3 b	4,3 b	5,1	8,0 b	30,6	26,2
Média	1,6	69,7	1,1	0,6	4,6	5,4	7,9	40,4	18,9
Mínimo	1,0	19,0	0,5	0,2	3,9	4,8	7,0	17,7	0,0
Máximo	4,0	170,0	2,8	1,9	5,7	6,6	9,0	66,6	47,4
DP	1,0	58,9	0,7	0,5	0,7	0,6	0,6	16,1	15,6
CV (%)	65	85	65	89	15	11	8	40	83

Em que: ^{ns} – Não significativo. Valores seguidos da mesma letra nas colunas não diferem entre profundidades de coleta, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. DP – Desvio padrão; CV (%) – coeficiente de variação; CTC (T) – Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. MOS – Matéria orgânica do solo. (V) – Saturação por bases. Métodos: P e K - Extrator Mehlich¹; pH - H₂O 1:2,5; MO - Oxidação com Na₂Cr₂O₇·2H₂O + H₂SO₄ 10 mol L⁻¹; Ca e Mg - Extrator KCl 1mol L⁻¹.

Tabela 2 – Médias e desvio padrão dos atributos químicos do solo, para diferentes espaçamentos de plantio, em povoamento de *A. peregrina* var. *peregrina* em Alegre, ES.

4 | DISCUSSÃO

Os parâmetros de fertilidade do solo e concentração de nutrientes são dinâmicos e podem ser influenciados pela presença de plantas no sistema. Seus efeitos são mais expressivos em ambientes pouco manejados e com maior tempo de estabelecimento (WARING et al., 2015). A influência do povoamento florestal vai depender das

particularidades de cada espécie e os efeitos na composição química são significativamente mais pronunciados na superfície do piso florestal, onde há deposição de matéria orgânica advinda dos indivíduos arbóreos (MALLIK; HOSSAIN; LAMB, 2008). Para melhor entendimento dos efeitos da vegetação no solo, é recomendável que a camada superficial seja estratificada em espessura inferior a 20 cm.

Quanto a deposição de material vegetal na superfície do solo, não há um padrão definido em função da densidade de plantio. Em estudo realizado por Villa et al. (2016) em área de restauração florestal, os autores reportam maior aporte de serrapilheira apenas para o espaçamento mais adensado (1 m x 1 m). Em espaçamentos não tão adensados, como os testados no presente estudo, houve pouca variação. Além disso, apesar de maior deposição orgânica, em alguns casos os povoamentos adensados tendem a extrair maiores quantidades de nutrientes do solo, com maior competição intraespecífica (DUAN et al., 2019).

A conversão de matéria orgânica em nutrientes para o solo depende de variáveis climáticas, qualidade nutricional, composição de carbono da matéria orgânica depositada e características do solo (BALIN et al., 2017). Para a área experimental dos plantios estudados, as características climáticas e edáficas desejáveis para o desenvolvimento da espécie são atendidas, uma vez que possui precipitação média de 1200 mm e temperatura média anual de 24 °C (Figura 2), além de solo com textura argilosa. Estas características atendem os parâmetros descritos por Carvalho (2003) para o bom desenvolvimento da espécie. Quanto aos fatores característicos da espécie, *A. peregrina* var. *peregrina* é uma leguminosa, que possui elevado teor de N e baixa razão C:N, influenciando a rápida decomposição e menor tempo de permanência do material orgânico na superfície do solo (COLETTA, 2015). Ainda assim, as mudanças nas características químicas do solo são pouco pronunciáveis em um período curto, como o do presente estudo.

A área experimental abrange diferentes tipos de solo, com processos de formação e fertilidade natural distintas, dificultando a leitura da real influência do espaçamento como fator isolado para os atributos do solo. As diferenças no tipo de solo afetam principalmente a atividade microbiana, uma característica essencial para a transferência de nutrientes ao solo e a estocagem de carbono (MARÍN-SPIOTTA; SHARMA, 2013). Porém, de acordo com Bigli et al. (2021), os povoamentos de *A. peregrina* var. *peregrina* apresentam boa tolerância a condições de fertilidade, sem limitações pronunciadas quanto ao seu desenvolvimento. Deve-se considerar também que as parcelas experimentais do presente estudo foram alocadas em áreas de altitude não variável, mas com variação de declividade (SOUZA, 2018). A posição no relevo pode influenciar os teores de nutrientes em áreas de relevo ondulado na região sul do Espírito Santo, tanto em áreas de pastagem quanto em plantios florestais (EFFGEN et al., 2012). Povoamentos florestais em áreas declivosas tendem a perder quantidades significativas de solo e água em relação a áreas planas, havendo carreamento de nutrientes (SILVA et al., 2011).

Em alguns casos, solos advindos de pastagens podem receber contribuição de material orgânico proveniente de plantas C4, como as gramíneas (TONUCCI et al., 2017). Essas contribuições são capazes de afetar os teores de MOS em função da densidade de plantio, que oferece diferentes condições para o desenvolvimento dessas espécies no sub-bosque (DUAN et al., 2019). No presente estudo, o desenvolvimento de gramíneas nas entrelinhas foi pouco observado. O maior desenvolvimento dessas espécies espontâneas pode ter sido evitado em função da característica de dominância aliada ao possível caráter alelopático de *A. peregrina* var. *peregrina*, como observado por Souza et al., (2012). Outra possível causa pode estar relacionada a sua copa frondosa que impede grandes infiltrações de luz solar. A coexistência de diversos fatores que influenciam os atributos do solo torna o estudo limitado quanto a influência dos espaçamentos na fertilidade do solo. Os atributos testados têm grande variação, comprovada pelo alto coeficiente de variação e desvio padrão, em decorrência do número insuficiente de trincheiras amostradas.

A camada superficial do solo pode ter mantido teores similares de MOS após a implantação do povoamento. Esta camada recebia, quando pastagem, grandes contribuições das espécies gramíneas, que tem alta eficiência fotossintética, convertida em alta produção de material orgânico e raízes finas (SILVA et al., 2013). A variação nos teores de MOS em profundidade aos 8,2 anos de plantio ocorreu em todos os espaçamentos de plantio estudados, sendo superior na camada superficial do solo (0 – 20 cm). Esse resultado corrobora com outros estudos (EFFGEN et al., 2012; DUAN et al., 2019), sendo esperado pois grande parte da matéria orgânica do solo é fornecida por resíduos vegetais depositados em sua superfície, que se incorporam no piso florestal e são decompostos, carreando partículas e compostos químicos em menores quantidades para as camadas inferiores (BRADY, 1984). A variação nos teores de MOS podem influenciar atributos como a CTC, a partir de sua mineralização e fornecimento de íons para a solução do solo (MACHADO et al., 2017).

Apesar de apresentar baixo pH, os valores observados no povoamento são considerados razoáveis para o desenvolvimento de espécies florestais (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013). Espécies leguminosas são capazes de promover a estabilização do pH via ciclagem de nutrientes, com baixa relação C/N (HONG et al., 2018), já que tendem a retirar maior quantidade de cátions do solo no processo de fixação de nitrogênio e promover perdas de nitrato, catalisando a acidificação do solo (TANG, 1998). Quanto a saturação de bases, esta é fundamental para o bom desenvolvimento do plantio. Mudanças de *Anadenanthera colubrina*, por exemplo, respondem melhor quanto ao crescimento em saturação por bases em torno de 50 % (VARGAS; MARQUES, 2017).

Com base na classificação de estado nutricional proposta por Prezotti e Guarçoni (2013), os teores de Ca são considerados baixos, assim com Mg. Em condições controladas para mudas de *Anadenanthera macrocarpa*, Gonçalves et al. (2012) descreve a espécie como pouco exigente nutricionalmente, especialmente para as bases K e Ca, sendo um

pouco mais exigente em Mg. Ao acessar dados nutricionais de povoamentos florestais no Brasil, Santana et al., (2008) descrevem regiões onde os teores de K, Ca e Mg não atendem à demanda recomendada para os plantios, mas a produção não é fortemente impactada, devido a eficiência na utilização dos nutrientes e na captação pelo sistema radicular em profundidade. Os teores de K, Ca e Mg variam em profundidade para os espaçamentos mais amplos (4 m x 4 m para K, 5 m x 5 m para Ca e Mg), possivelmente em função da ação do sistema radicular mais bem desenvolvido na retirada de nutrientes.

O teor médio de P nos solos do presente estudo (3,78 mg dm⁻³) não são influenciados pelos espaçamentos e seus valores são inferiores aos valores críticos recomendados para algumas espécies como *A. colubrina* em Latossolo Vermelho distrófico (13,88 mg dm⁻³) e *Eucalyptus grandis* em Latossolo Vermelho-escuro álico (8,0 mg dm⁻³) (ISMAEL et al., 1998; GOMES et al., 2004). Segundo Prezotti e Guarçoni (2013), para atender as necessidades básicas da maioria das culturas perenes, é desejável teores de P acima de 10 mg dm⁻³. O elemento tem disponibilidade natural reduzida, seus teores podem ser afetados por processos erosivos, além de apresentar baixa contribuição na serrapilheira, pois é redistribuído entre os compartimentos da planta (MALAVOLTA, 2006).

5 | CONCLUSÕES

Sob as condições estudadas e idade do povoamento, os espaçamentos de plantio testados não exercem influência sob os atributos químicos do solo do povoamento. Recomenda-se uma amostragem mais ampla e representativa para o estudo de tais atributos, devido a heterogeneidade dos solos amostrados. Os atributos do solo necessitam de manutenção, em especial o P, para obter níveis adequados de fertilidade e prover melhor desenvolvimento da espécie.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Ifes, Campus de Alegre, pela concessão da área de estudo.

A Fundação de Amparo à pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes) por meio do Edital Fapes N° 19/2018- Taxa de Pesquisa (Termo de Outorga: 216/2019) e Edital Fapes/Capes N° 10/2018 (Processo N° 83508490);

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo N° 150073/2018-6) e Chamada CNPq N° 09/2018- Bolsas de Produtividade em Pesquisa (Processo N° 305090/2018-6).

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

- ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades Físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 337-345, 2004.
- BALIN, N. M. et al. Frações da matéria orgânica, índice de manejo do carbono e atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 3, p. 85-94, 2017.
- BENOMAR, L.; DESROCHERS, A.; LAROCQUE, G. R. The effects of spacing on growth, morphology and biomass production and allocation in two hybrid poplar clones growing in the boreal region of Canada. **Trees**, v. 26, n. 3, p. 939–949, 2012.
- BIGHI, K. N. et al. Nitrogen Pools in tropical plantations of N₂-fixing and non-N₂-fixing legume trees under different tree stand densities. **Nitrogen**, v. 2, n. 1, p. 86-98, 2021.
- BRADY, N. C. **The nature and properties of soils**. New York: Macmillan Publishing Company, 1984, 750 p.
- CARVALHO, M. M. **Arborização de pastagens cultivadas**. Juiz de Fora, MG: EMBRAPA – CNPGL, 1998. 37p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras: Volume 1**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.
- COLETTA, L. D. **Decomposição foliar na Floresta Ombrófila Densa em diferentes altitudes e condições climáticas**. 2015. 93 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- CRAINE, J. M.; DYBZINSKI, R. **Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. Functional Ecology**, v. 27, p. 4, 2013.
- DUAN, A. et al. Effects of planting density on soil bulk density, pH and nutrients of unthinned Chinese fir mature stands in south subtropical region of China. **Forests**, v. 10, n. 4, p. 351, 2019.
- EFFGEN, E. M. et al. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob cultivo de eucalipto e pastagem no sul do Espírito Santo. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 95, p. 375-381, 2012.
- EUGÊNIO, F. C. et al. Influência do Desmatamento na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica de Rive, Alegre, ES, Brasil. **Silva Lusitana**, v. 21, n. 2, p. 205-218, 2013.
- GOMES, K. C. O. et al. Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, v. 28, p. 785-792, 2004.
- GONÇALVES, E. O. et al. Nutrição de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) submetidas a doses de N, P, K, Ca e Mg. **Revista Árvore**, v. 36, p. 219-228, 2012.
- GONÇALVES, J. L. D. et al. **Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. Forest Ecology Management**, v. 301, p. 6-27, 2013.
- HONG, S. et al. Afforestation neutralizes soil pH. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 1-7, 2018.

ISMAEL, J. J. et al. Níveis críticos de fósforo no solo e nas folhas para a implantação de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, em quatro tipos de solos. **Scientia Forestalis**, p. 29-40, 1998.

MACHADO, M. R. et al. Land cover changes affect soil chemical attributes in the Brazilian Amazon. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 39, p. 385-391, 2017.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 630 p.

MALLIK, A. U.; HOSSAIN, M. K; LAMB, E. G. Species and spacing effects of northern conifers on forest productivity and soil chemistry in a 50-year-old common garden experiment. **Journal of Forestry**, v. 106, n. 2, p. 83-90, 2008.

MARÍN-SPIOTTA, E.; SHARMA, S. Carbon storage in successional and plantation forest soils: a tropical analysis. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, n. 1, p. 105-117, 2013.

PREZOTTI, L. C. et al. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**: 5ª aproximação. Vitória: SEEA/CEDAGRO/INCAPER, 2007. 305 p.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. M. **Guia de interpretações de análise de solo e foliar**. Vitória: Incaper, 2013. 104 p.

RANGER, J. M. P. **Input-output nutrient budgets as a diagnostic-tool for the sustainability of forest management**. **Forest Ecology and Management**, v. 122, p. 7-16, 1999.

SANTANA, R. C. et al. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2723-2733, 2008.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

SILVA, A. B. et al. Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 502-511, 2013.

SILVA, M. A. et al. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce, MG. **Ciência Florestal**, v. 21, p. 765-776, 2011.

SOUZA, P. B. de et al. Florística e diversidade das espécies arbustivo-arbóreas regeneradas no sub-bosque de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. **Cerne**, v. 18, p. 413-421, 2012.

SOUZA, P. H. **Biomassa e estoque de carbono em povoamento de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg sob diferentes espaçamentos**. 2018. 113 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2018.

STAPE, J. L. et al. **The Brazil Eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production**. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1684-1694, 2010.

TANG, C. Factors affecting soil acidification under legumes I. Effect of potassium supply. **Plant and Soil**, v. 199, n. 2, p. 275-282, 1998.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 574 p.

TONUCCI, R. G. et al. Grass vs. tree origin of soil organic carbon under different land-use systems in the Brazilian Cerrado. **Plant and Soil**, v. 419, p. 281-292, 2017.

VARGAS, G. de; MARQUES, R. Crescimento e nutrição de angico e canafístula sob calagem e gessagem. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

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

WARING, B. G. et al. Pervasive and strong effects of plants on soil chemistry: a meta-analysis of individual plant 'Zinke' effects. **Proceedings of the Royal Society: Biological Sciences**, v. 282, n. 1812, e20151001, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Árvores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 14, 15, 27, 28, 39, 41, 51, 53, 54, 62, 64

B

Biodiversidade 27, 66

Biomassa 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 35, 39, 40, 49, 52, 55, 59, 60, 61, 62, 63

C

Carbono 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 29, 39, 41, 42, 45, 48, 49

Ciclagem de nutrientes 26, 27, 31, 39, 46, 51, 53, 63, 64, 65

Crescimento 27, 39, 40, 46, 48, 50, 52, 53

Cubagem 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14

D

Decomposição 30, 40, 45, 48, 53, 54

Degradação 26, 27

Dendrômetro 14

Diâmetro 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 27, 54

Dossel 21, 61

E

Ecossistemas florestais 51, 53

Erosão 53

Espécies arbóreas 27, 40, 48

Estoque de nutrientes 55

Eucalipto 48, 49, 52, 61, 62, 64

F

Fertilidade 25, 26, 27, 28, 30, 34, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 63, 64

Fertilidade do solo 25, 26, 28, 38, 39, 40, 44, 46, 49, 63, 64

Florestal 1, 2, 4, 5, 14, 15, 17, 18, 21, 24, 28, 30, 36, 39, 44, 45, 46, 49, 50, 52, 53, 62, 64, 65, 66

Fuste 5, 12, 15

G

Geoprocessamento 16, 20, 23

I

Inventário florestal 5, 14

L

Leguminosa 38, 39, 45

M

Mensuração 1, 4, 5, 12, 13

Método direto 17, 23

Método indireto 17

N

Nutrientes 26, 27, 30, 31, 35, 39, 40, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65

P

Plantio 4, 25, 27, 28, 33, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 53, 54

Povoamentos florestais 26, 38, 39, 45, 47

Produção florestal 53

Proteção ambiental 27

Q

Química do solo 39

R

Reflorestamento 25, 26, 27

S

Sensoriamento remoto 16, 17, 18, 20, 23

Sequestro de carbono 17, 22

Serapilheira 27, 31, 35, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64

Serviços ecossistêmicos 25, 27

Silvicultura 39, 40

Sistema de informações geográficas 16, 18, 20

Solo 17, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65

Sustentabilidade florestal 17

T

Tratos silviculturais 38, 39

U

Uso do solo 25, 26

V

Volumetria 1

ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 