

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](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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 tratamentos 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 compartilharem 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**

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

Data de aceite: 01/08/2022

Data de submissão: 10/06/2022

**Júlio César Tannure Faria**

Universidade Federal de Espírito Santo

Jerônimo Monteiro – ES

<https://orcid.org/0000-0001-7081-3726>

**Marcos Vinicius Winckler Caldeira**

Universidade Federal do Espírito Santo

Jerônimo Monteiro – Espírito Santo

<http://orcid.org/0000-0003-4691-9891>

**Roberto Rorras dos Santos Moura**

Instituição: WEG Equipamentos Elétricos S.A.

– Transmissão & Distribuição

Cidade: Xique-xique - BA

<https://orcid.org/0000-0002-7513-4439>

**David Pessanha Siqueira**

Universidade Estadual do Norte Fluminense

Darcy Ribeiro

Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro

<https://orcid.org/0000-0002-0756-0153>

**Elzimar de Oliveira Gonçalves**

Universidade Federal do Espírito Santo

Jerônimo Monteiro – Espírito Santo

<https://orcid.org/0000-0001-7675-2493>

**Hivo Rebin Eufrazio**

Universidade Federal do Espírito Santo

Jerônimo Monteiro – Espírito Santo

<https://orcid.org/0000-0002-5707-6693>

**Tiago de Oliveira Godinho**

Vale S.A. – Reserva Natural Vale

Linhares – Espírito Santo

<https://orcid.org/0000-0001-6249-6054>

**Adelson Lemes da Silva Júnior**

Universidade Federal de Lavras

Lavras – Minas Gerais

<https://orcid.org/0000-0003-0940-8398>

**RESUMO:** A serapilheira desempenha funções importantes nos ecossistemas florestais, formando parte inerente da ciclagem de nutrientes e sendo fonte de matéria orgânica para o solo. Assim, o objetivo desse estudo foi quantificar a serapilheira e o retorno de nutrientes em plantio do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* ao longo do ano e avaliar a resposta da produção de serapilheira em relação aos elementos climáticos. Para tanto, foram alocadas seis parcelas (30 x 30 m; 100 árvores/parcela) em um povoamento comercial do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (9,6 ha; espaçamento de 3,0 x 3,0 m), situado no município de Aracruz – ES. Em cada parcela, foram distribuídos cinco coletores de serapilheira, sendo esvaziados mensalmente durante um ano (junho de 2014 até maio de 2015), quando o povoamento estava com 27 e 38 meses de idade, respectivamente. A serrapilheira foi separada nas frações: folhas + miscelânea e galhos. A produção de serapilheira apresentou variação mensal com deposição total de 4.797,17 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> sendo composta predominantemente pela fração folhas+miscelânea (73 %), a qual também foi a responsável pela maior parte do retorno de nutrientes (82 %). A eficiência na utilização dos macronutrientes foi evidenciada pela seguinte ordem P > S > Mg > K > Ca > N. Verificou-se que nenhum dos elementos climáticos no

mesmo mês de coleta influenciaram de forma significativa a deposição total e da fração folhas+miscelânea. Contudo, houve correlação para a fração galhos, com efeito negativo para umidade do ar mínima e positivo para radiação solar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ciclagem biogeoquímica; elementos climáticos; conteúdo de nutrientes.

## IS THERE A RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATE ELEMENTS AND LITER PRODUCTION IN *Eucalyptus* PLANTATIONS?

**ABSTRACT:** Litter plays an important role in forest ecosystems, composing an inherent part of nutrient cycling and as a source for soil organic matter. Thus, the objective of this study was to quantify litter and nutrient return in a hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* plantation throughout one year and to evaluate the response of litter production in relation to climatic variables. For this purpose, six plots (30 x 30 m; 100 trees/plot) were allocated in a commercial stand of the hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (9.6 ha; planting space at 3.0 x 3.0 m), located in the municipality from Aracruz – ES. In each plot, five litter traps were distributed, being emptied monthly for one year (June 2014 to May 2015), when the stand was 27 and 38 months old, respectively. The litter was hand-sorted into fractions: leaves+miscellaneous and branches. Litter production showed monthly variation with a total deposition of 4797.17 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, being predominantly composed of the leaves/miscellaneous fraction (73 %), which was also responsible for most of the nutrient return (82 %). Macronutrient use efficiency was evidenced by the following order P > S > Mg > K > Ca > N. It was found that none of the climatic elements in the same month of collection significantly influenced the total deposition and the leaf+miscellanea fraction. However, there was a correlation for the branches fraction, with a negative effect for minimum air humidity and a positive effect for solar radiation.

**KEYWORDS:** Biogeochemical cycling; climatic variables; nutrient content.

## 1 | INTRODUÇÃO

Desde o ano 2000 o Brasil vem se consolidando como principal participante internacional do setor de florestas plantadas. Esta fase caracterizou-se pela expansão das áreas plantadas e pela consolidação do desenvolvimento tecnológico do setor (GONÇALVES et al., 2013). Em 2020, os plantios com *Eucalyptus* corresponderam a 78 % da área total de florestas plantadas no Brasil (7,47 milhões de hectares), mantendo sua liderança no ranking global de produtividade florestal, sendo a produtividade média dos plantios desse gênero de 36 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (IBÁ, 2021).

Contudo, a sustentabilidade desses plantios de eucalipto de rápido crescimento depende da manutenção das reservas de nutrientes disponíveis no solo ao longo de rotações sucessivas (LACLAU et al., 2003), principalmente em regiões tropicais onde os solos são, em geral, pobres em nutrientes (SAYER, 2006). Isso porque, grandes quantidades de nutrientes são exportados a cada ciclo de corte com a remoção de biomassa (LACLAU et al., 2000).

As árvores absorvem nutrientes do solo, para que ocorra o seu crescimento. Ao mesmo tempo, elas retornam quantidades significativas de nutrientes para solo da floresta através da deposição e decomposição da serapilheira (folhas, galhos, casca, frutos, sementes e flores) (GUO e SIMS, 1999; VITOUSEK e SANFORD, 1986). A serapilheira desempenha dois papéis principais nos ecossistemas florestais: em primeiro lugar, forma parte inerente da ciclagem de nutrientes e é importante fonte de matéria orgânica para o solo. Em segundo lugar, sua presença física no chão da floresta atua como proteção contra flutuações microclimáticas, erosão e compactação do solo (GUO e SIMS, 1999; SAYER, 2006).

Portanto, uma etapa importante no estudo da ciclagem de nutrientes é a quantificação da deposição da serapilheira. Esta desempenha um papel importante no ciclo de nutrientes em ecossistemas florestais, e pode reduzir a depleção de nutrientes causada pela colheita das árvores em sistemas de produção de curta rotação (GUO et al., 2006; 2002; LACLAU et al., 2010). Fatores ambientais, principalmente temperatura do ar, precipitação e radiação solar, influenciam o padrão sazonal de produção de serapilheira e, portanto, os processos de ciclagem de nutrientes (SILVA et al., 2011; ZHANG et al. 2014).

Nesse sentido, quantificar a produção de serapilheira e, conseqüentemente, o retorno de nutrientes para o solo pode auxiliar a gestão dos sistemas de produção florestal (RIBEIRO et al., 2002). Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi: (i) quantificar a serapilheira e o retorno de nutrientes em um plantio do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*; (ii) avaliar o padrão de deposição da serapilheira e retorno de nutrientes ao longo do ano; e (iii) avaliar a resposta da produção de serapilheira em relação aos elementos climáticos.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em um plantio comercial do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, situado no município de Aracruz, Espírito Santo.

O relevo é plano, com altitude média de 34 m, sendo o solo caracterizado como Argissolo Amarelo Distrocoeso típico A moderado, bem drenado com textura média/argilosa (SANTOS et al., 2013).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como tipo Aw; tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno (ALVARES et al., 2013). A temperatura média do ar anual é de 23 °C e o índice pluviométrico anual é de 1200 mm (INCAPER, 2015).

Os dados dos elementos climáticos velocidade do vento (média e máxima), precipitação, temperatura do ar (mínima, média e máxima), umidade do ar (mínima, média e máxima) e radiação solar global, no período de realização do estudo foram obtidas na

Estação Meteorológica de Aracruz, localizada a  $\pm 2$  km de distância do povoamento de *Eucalyptus*.

Os dados de serapilheira foram coletados em um povoamento do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com área de 9,6 ha e espaçamento de 3,0 x 3,0 m (densidade de 1.111 plantas ha<sup>-1</sup>), sendo implantado em abril de 2012, tendo por objetivo a produção de celulose e papel.

Profundidade cm	pH (H <sub>2</sub> O)	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	CTC pH 7,0	P	K <sup>+</sup>	Na	V
0 – 5	5,5	0,3	1,8	0,4	3,5	5,9	8,8	44,7	27,5	40,3
5 – 10	5,0	0,8	1,2	0,2	3,8	5,4	5,7	32,3	20,2	28,9
10 – 20	4,8	1,0	0,6	0,1	3,8	4,6	3,5	22,0	14,8	18,9
20 – 40	4,6	1,3	0,3	0,1	3,8	4,3	2,3	16,2	13,0	12,9

Em que: Al = alumínio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; Na = Sódio; Al+H = Acidez potencial; CTC pH 7,0 = Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V% = Saturação por bases.

Tabela 1. Atributos químicos do solo na área de estudo, após a implantação da segunda rotação do povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES.

Após o plantio, foram realizados capina química em toda a área, com a aplicação de glifosato, e repetidas as aplicações aos quatro e 10 meses de idade do povoamento. Realizou-se também operações de controle a formigas antes e após o plantio, sendo realizado o monitoramento até o estabelecimento da floresta.

Foram alocadas seis parcelas (30 m x 30 m) no povoamento, totalizando 0,54 ha amostrados. Cada parcela foi composta por 100 árvores. Visando minimizar o efeito de borda, alocou-se as parcelas a uma distância mínima de 20 m da estrada utilizada para o transporte de madeira.

A serapilheira depositada foi coletada mensalmente durante um ano, no período de junho de 2014 até maio de 2015, em que o povoamento estava com 27 e 38 meses de idade, respectivamente. Em cada parcela alocada foram distribuídos cinco coletores, sendo dispostos de forma sistemática, com um coletor em cada vértice e um no centro da parcela. Os coletores foram confeccionados em madeira no formato quadrado com 1,00 m de lado e telas de nylon de 2 mm, e instalados a 0,50 m de altura do solo.

A serapilheira coletada foi separada em duas frações: folhas + miscelânea e galhos. A fração folhas + miscelâneas foi constituída de folhas secas e em estado de decomposição, material reprodutivo, frutos e demais materiais vegetais para os quais não foi possível identificar a origem do material. Na fração galhos, foram incluídos apenas galhos com diâmetro menor que 2 cm. Após a triagem as frações foram acondicionadas em sacos

de papel pardo e colocadas em uma estufa de circulação de ar forçado a  $\pm 70$  °C, para determinação do peso seco.

O aporte mensal ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e anual ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) de serapilheira foi representado por meio de transformações dos pesos secos de cada fração (gramas) em relação à área do coletor ( $1,00 \text{ m}^2$ ) e estimado para hectares.

Para análise química dos macronutrientes (TEDESCO et al., 1995), as amostras foram fragmentadas em moinho do tipo Willey e passadas em peneiras de malha  $1,00 \text{ mm}$  ( $20 \text{ mesh}$ ). O material contido nos cinco coletores de cada parcela foi unificado formando uma amostra composta por parcela e mês para cada fração de folhas/miscelânea e galhos. O estoque dos macronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ ) foi obtido multiplicando-se o teor do nutriente na serapilheira ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e a biomassa seca da serapilheira depositada ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) (CUEVAS e MEDINA, 1986).

Após calcular o estoque de macronutrientes depositados pelas diferentes frações da serapilheira, foi realizado o cálculo de eficiência do uso de nutrientes (EUN) para cada fração, fazendo a relação entre a massa seca da serapilheira produzida ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) e a quantidade de nutrientes na serapilheira produzida ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) (VITOUSEK, 1982).

Os valores mensais de deposição da serapilheira e o estoque de nutrientes foram submetidos à análise da homogeneidade das variâncias dos erros pelo Teste de Cochran e da normalidade pelo Teste de Lilliefors. Posteriormente foi realizada a análise de variância com a aplicação do Teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Para avaliar a influência dos elementos climáticos na produção de serapilheira ao longo do ano, foi calculada uma matriz de correlação de Spearman entre a produção de serapilheira (total e frações) e os elementos climáticos. As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa Assistat 7.7.

### 3 | RESULTADOS

O aporte total de serapilheira foi de  $4797,58 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . A fração folhas+miscelânea contribuiu com 72,64 % de toda a serapilheira depositada aos dozes meses de estudo, com maior deposição no mês de junho de 2014 (Tabela 2). A contribuição da biomassa da fração galhos foi de 27,36 % do total de serapilheira depositada, quase três vezes menor do que a fração folhas, tendo a sua maior deposição no mês de outubro de 2014.

Avaliando a deposição média mensal relativa (Figura 1), observou-se que a biomassa da fração galhos foi superior à da fração folhas+miscelânea somente no mês de março de 2015. Produções semelhantes para as duas frações ocorreram nos meses de outubro e dezembro de 2014 e abril de 2015. Entretanto, na maioria dos meses avaliados a fração folhas+miscelânea compreende mais de 60 % da biomassa de serapilheira produzida.

Mês/ano	Folhas+miscelânea		Galhos		Total	
jun./14	730,95	a* ± 103,40**	37,26	d ± 21,01	768,21	a ± 102,60
jul./14	117,80	e ± 26,98	12,65	d ± 11,76	130,45	e ± 33,41
ago./14	127,03	e ± 33,77	50,91	d ± 30,94	177,94	e ± 61,87
set./14	310,58	d ± 86,82	171,44	b ± 40,55	482,02	b ± 118,40
out./14	374,14	c ± 86,73	311,57	a ± 44,60	685,70	a ± 100,17
nov./14	259,75	d ± 42,05	73,48	c ± 25,39	333,22	c ± 60,55
dez./14	131,39	e ± 27,04	106,81	c ± 48,76	238,19	d ± 70,02
jan./15	331,39	c ± 42,39	99,51	c ± 24,40	430,91	b ± 30,21
fev./15	449,96	b ± 80,91	162,78	b ± 60,02	612,74	a ± 128,25
mar./15	72,91	f ± 16,58	87,41	c ± 34,91	160,31	e ± 35,91
abr./15	135,11	e ± 18,60	102,35	c ± 14,13	237,46	d ± 150,21
maio/15	444,17	b ± 25,17	96,25	c ± 87,39	540,42	b ± 105,36
Média (kg ha <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> )	290,43		109,37		399,80	
Total (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	3485,17		1312,41		4797,58	
CV (%)**	66,18		71,71		54,71	

\*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). \*\*desvio padrão da média. \*\*\*Coeficiente de variação.

Tabela 2. Aporte médio por fração e total da serapilheira (kg ha<sup>-1</sup>) depositada em doze meses, em povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES.

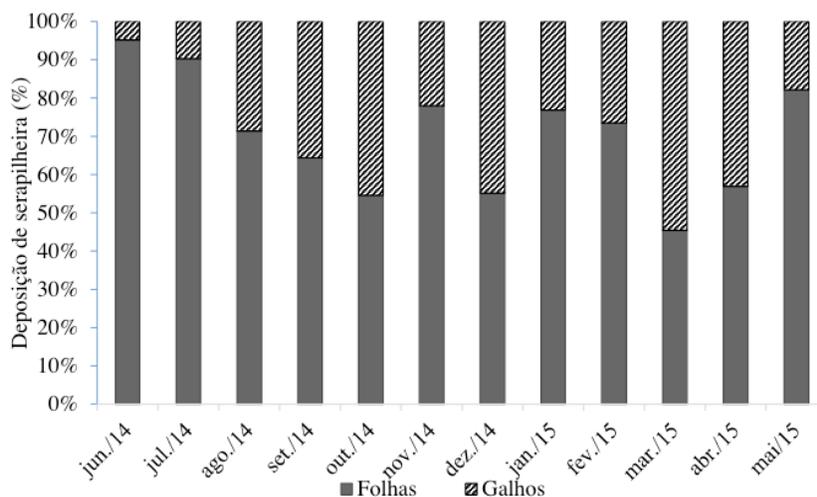


Figura 1. Proporções de deposição entre as frações folhas+miscelânea e galhos, em povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES.

Ao correlacionar o aporte de serapilheira com os elementos climáticos, verificou-se que nenhum dos elementos climáticos no mesmo mês de coleta influenciaram de forma significativa a deposição total e da fração folhas+miscelânea. Contudo, houve correlação

para a fração galhos, com efeito negativo para umidade do ar mínima e positivo para radiação solar (Tabela 3). Quando se correlacionou a deposição da serapilheira com os elementos climáticos de um mês anterior, foi observado correlações negativas para a serapilheira total e para a fração folhas+miscelânea com a umidade do ar (mínima, média e máxima), ou seja, quanto menor a umidade do ar maior a deposição de serapilheira total e da fração folhas+miscelânea. Para todas as correlações da deposição de serapilheira com os elementos climáticos do período de dois até cinco meses anteriores, foi observado apenas uma correlação negativa entre a o total de deposição e a precipitação.

Analisando a precipitação para o período de estudo, nota-se valor total anual menor (1007 mm) que aquele esperado conforme média de 2011 a 2015 (1245 mm). Os menores valores de precipitação foram observados nos meses de set./14 e jan./15 (Figura 2). Verifica-se também redução da umidade relativa do ar média em set./14. A temperatura média do ar é maior no verão e menor no inverno, como esperado.

Elementos climáticos	Folha+miscelânea					
	Mesmo mês	1 mês antes	2 meses antes	3 meses antes	4 meses antes	5 meses antes
Velocidade Vento (máx.) (m s <sup>-1</sup> )	-0,05 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	-0,03 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
Velocidade Vento (méd.) (m s <sup>-1</sup> )	-0,03 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Precipitação mensal (mm)	-0,31 <sup>ns</sup>	-0,37 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	-0,41 <sup>ns</sup>	-0,49 <sup>ns</sup>
Temperatura do ar (méd.) (°C)	0,09 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
Temperatura do ar (máx.) (°C)	0,09 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Temperatura do ar (mín.) (°C)	0,11 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
Umidade Relativa do ar (méd.) (%)	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,61 <sup>*</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>
Umidade Relativa do ar (máx.) (%)	-0,23 <sup>ns</sup>	-0,50 <sup>*</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	-0,30 <sup>ns</sup>
Umidade Relativa do ar (mín.) (%)	-0,14 <sup>ns</sup>	-0,69 <sup>**</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>
Radiação solar (média) (W m <sup>-2</sup> )	-0,03 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
	Galhos					
Velocidade Vento (máx.) (m s <sup>-1</sup> )	0,28 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>
Velocidade Vento (méd.) (m s <sup>-1</sup> )	0,45 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>
Precipitação mensal (mm)	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>
Temperatura do ar (méd.) (°C)	0,47 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	-0,28 <sup>ns</sup>	-0,39 <sup>ns</sup>	-0,43 <sup>ns</sup>	-0,48 <sup>ns</sup>
Temperatura do ar (máx.) (°C)	0,47 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	-0,29 <sup>ns</sup>	-0,40 <sup>ns</sup>	-0,44 <sup>ns</sup>	-0,48 <sup>ns</sup>
Temperatura do ar (mín.) (°C)	0,49 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,41 <sup>ns</sup>	-0,43 <sup>ns</sup>	-0,48 <sup>ns</sup>
Umidade Relativa do ar (méd.) (%)	-0,40 <sup>ns</sup>	-0,39 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>
Umidade Relativa do ar (máx.) (%)	-0,16 <sup>ns</sup>	-0,30 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	-0,03 <sup>ns</sup>	-0,30 <sup>ns</sup>
Umidade Relativa do ar (mín.) (%)	-0,58 <sup>*</sup>	-0,41 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>
Radiação solar (média) (W m <sup>-2</sup> )	0,53 <sup>*</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	-0,41 <sup>ns</sup>	-0,48 <sup>ns</sup>	-0,48 <sup>ns</sup>	-0,48 <sup>ns</sup>

	Total					
Velocidade Vento (máx.) (m s <sup>-1</sup> )	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Velocidade Vento (méd.) (m s <sup>-1</sup> )	0,06 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>
Precipitação mensal (mm)	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,43 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	-0,35 <sup>ns</sup>	-0,52 <sup>*</sup>
Temperatura do ar (méd.) (°C)	0,07 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Temperatura do ar (máx.) (°C)	0,07 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	-0,28 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>
Temperatura do ar (mín.) (°C)	0,09 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	-0,19 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Umidade Relativa do ar (méd.) (%)	-0,27 <sup>ns</sup>	-0,71 <sup>**</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,29 <sup>ns</sup>
Umidade Relativa do ar (máx.) (%)	-0,27 <sup>ns</sup>	-0,61 <sup>*</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,32 <sup>ns</sup>
Umidade Relativa do ar (mín.) (%)	-0,22 <sup>ns</sup>	-0,80 <sup>**</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>
Radiação solar (média) (W m <sup>2</sup> )	0,03 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup>Coefficiente de correlação de Spearman; ns: não significativo pelo teste t ( $p \leq 0,01$ ); \* Significativo pelo teste t ( $p \leq 0,01$ ); \*\* Significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 3. Correlação entre as frações da serapilheira e os elementos climáticos, em povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES.

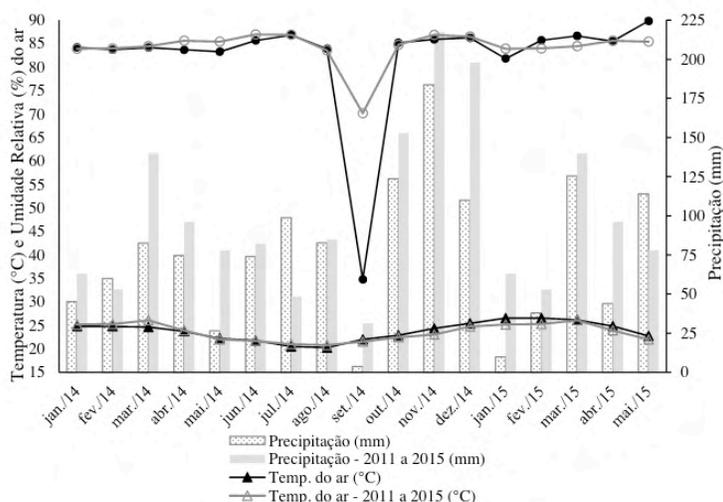


Figura 2. Precipitação mensal (mm), temperatura do ar média mensal (°C) e umidade relativa do ar média, Aracruz, ES

O estoque total de nutrientes devolvido ao solo por meio da serapilheira depositada durante os doze meses, foi composto principalmente pela fração folhas/miscelânea (82 %), sendo o restante depositado pela fração galhos (Tabelas 4 e 5). O retorno total de macronutrientes na fração folhas/miscelânea foi estimado em 101,85 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e na fração galhos foi estimado em 21,98 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

O Ca e o N foram os elementos que tiveram as maiores transferências para a camada superficial do solo (45,22 e 43,88 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente), juntos correspondem a

72 % do total de macronutrientes devolvidos ao solo. O fósforo teve somente 2 % (2,61 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) de toda a quantidade transferida dentre os macronutrientes. A magnitude decrescente do conteúdo médio de nutrientes depositado na fração folhas/miscelânea foi de N > Ca > K > Mg > S > P e para a fração galhos foi de Ca > N > K > Mg > S > P.

De modo geral, foi observado que os meses de junho de 2014 e outubro de 2014, para as frações folhas+miscelânea e galhos, respectivamente foram os que apresentaram maiores conteúdos de nutrientes (Tabelas 4 e 5), coincidindo com os períodos de maior deposição de biomassa, períodos esses com altos valores de precipitação e baixas temperaturas (Figura 1).

Mês/ano	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha <sup>-1</sup>					
jun./14	6,84 a* ± 0,90**	0,43 a ± 0,07	3,11 a ± 0,44	7,36 a ± 1,05	1,89 a ± 0,26	1,09 a ± 0,17
jul./14	1,69 e ± 0,37	0,09 f ± 0,02	0,31 e ± 0,09	1,24 e ± 0,25	0,30 f ± 0,07	0,17 f ± 0,04
ago./14	1,87 e ± 0,54	0,11 e ± 0,03	0,40 e ± 0,12	1,24 e ± 0,33	0,37 f ± 0,10	0,23 e ± 0,06
set./14	3,37 c ± 0,71	0,20 d ± 0,06	0,73 d ± 0,16	3,14 d ± 0,93	0,81 d ± 0,25	0,44 d ± 0,12
out./14	4,07 b ± 0,90	0,25 c ± 0,07	1,02 c ± 0,24	4,14 c ± 0,89	1,13 c ± 0,29	0,60 c ± 0,14
nov./14	3,02 c ± 0,55	0,15 e ± 0,03	0,30 e ± 0,04	2,75 d ± 0,50	0,59 e ± 0,06	0,37 d ± 0,05
dez./14	2,36 d ± 0,75	0,12 e ± 0,03	0,47 e ± 0,23	1,02 e ± 0,21	0,36 f ± 0,09	0,26 e ± 0,08
jan./15	3,29 c ± 0,62	0,20 d ± 0,02	1,53 b ± 0,20	3,10 d ± 0,52	1,06 c ± 0,15	0,41 d ± 0,05
fev./15	4,89 b ± 1,18	0,30 b ± 0,06	1,33 b ± 0,21	5,37 b ± 0,82	1,46 b ± 0,24	0,87 b ± 0,16
mar./15	0,91 e ± 0,24	0,06 f ± 0,02	0,24 e ± 0,06	0,77 e ± 0,19	0,26 f ± 0,05	0,16 f ± 0,04
abr./15	1,36 e ± 0,28	0,05 f ± 0,01	0,26 e ± 0,05	0,97 e ± 0,14	0,37 f ± 0,08	0,14 f ± 0,04
maio/15	4,43 b ± 0,51	0,25 c ± 0,04	1,58 b ± 0,14	4,08 c ± 0,58	1,24 c ± 0,17	0,52 c ± 0,07
Total	38,10	2,20	11,27	35,17	9,85	5,26
Média	3,17	0,18	0,94	2,93	0,82	0,44
s***	1,70	0,11	0,85	2,05	0,53	0,30
CV (%)****	53,63	61,11	90,43	69,97	64,63	68,18

\*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). \*\*Desvio padrão da média por coleta. \*\*\*Desvio padrão da média dos tratamentos.

\*\*\*\*Coeficiente de variação.

Em que: Total = kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>; Média = kg ha<sup>-1</sup>

Tabela 4. Estoque de macronutrientes na fração folhas+miscelânea, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES.

Mês/ano	N		P		K		Ca		Mg		S							
	kg ha <sup>-1</sup>																	
jun./14	0,10	d*	± 0,06**	0,01	d	± 0,01	0,12	d	± 0,09	0,23	d	± 0,16	0,02	d	± 0,02	0,02	d	± 0,01
jul./14	0,06	d	± 0,05	0,00	e	± 0,00	0,04	e	± 0,04	0,09	d	± 0,08	0,01	d	± 0,01	0,01	e	± 0,01
ago./14	0,27	c	± 0,18	0,01	d	± 0,01	0,18	c	± 0,12	0,40	c	± 0,25	0,04	c	± 0,02	0,03	d	± 0,02
set./14	0,60	b	± 0,21	0,04	c	± 0,02	0,41	b	± 0,13	1,35	b	± 0,40	0,14	b	± 0,05	0,08	c	± 0,02
out./14	1,26	a	± 0,30	0,11	a	± 0,05	1,02	a	± 0,21	2,22	a	± 0,35	0,26	a	± 0,04	0,17	a	± 0,03
nov./14	0,35	c	± 0,14	0,03	c	± 0,01	0,18	d	± 0,07	0,55	c	± 0,20	0,08	c	± 0,03	0,05	c	± 0,02
dez./14	0,45	c	± 0,25	0,03	c	± 0,02	0,34	c	± 0,22	0,60	c	± 0,24	0,09	c	± 0,04	0,06	c	± 0,03
jan./15	0,45	c	± 0,12	0,03	c	± 0,01	0,28	c	± 0,07	0,69	c	± 0,15	0,09	c	± 0,02	0,06	c	± 0,01
fev./15	0,78	b	± 0,19	0,06	b	± 0,03	0,49	b	± 0,21	1,46	b	± 0,89	0,17	b	± 0,09	0,18	a	± 0,08
mar./15	0,35	c	± 0,13	0,03	c	± 0,02	0,25	c	± 0,14	0,61	c	± 0,37	0,07	c	± 0,03	0,09	c	± 0,04
abr./15	0,45	b	± 0,67	0,02	c	± 0,02	0,07	d	± 0,09	0,76	b	± 1,16	0,10	b	± 0,15	0,06	b	± 0,10
maio/15	0,66	b	± 0,63	0,03	c	± 0,03	0,28	c	± 0,24	1,08	b	± 1,05	0,14	b	± 0,14	0,07	c	± 0,06
Total	5,79		0,41		3,65		10,05		1,21		0,88							
Média	0,48		0,03		0,30		0,84		0,10		0,07							
s***	0,32		0,03		0,26		0,60		0,07		0,05							
CV (%)****	66,67		100		86,67		71,43		70,00		71,43							

\*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). \*\*Desvio padrão da média por coleta. \*\*\*Desvio padrão da média dos tratamentos. \*\*\*\*Coeficiente de variação.

Em que: Total = kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>; Média = kg ha<sup>-1</sup>

Tabela 5. Estoque de macronutrientes na fração galhos, em povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES.

No povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* observou-se que dentre os macronutrientes, maior eficiência na utilização do P e do S (Tabela 6). O N foi o que mais retornou ao solo por meio da fração folhas/miscelânea, e o Ca dentro da fração galhos, sendo os nutrientes de menor eficiência na utilização pelo povoamento nas respectivas frações.

Fração	N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas+miscelânea	91	1583	309	99	354	663
Galhos	227	3189	360	131	1088	1489
Total	109	1836	321	106	434	782

Tabela 6. Eficiência de uso dos macronutrientes pelas frações folhas+miscelâneas e galhos e total depositado, em povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

## 4 | DISCUSSÃO

As estimativas obtidas do total anual de serapilheira depositada (4798 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) são similares a outros estudos com espécies do gênero *Eucalyptus* com idade semelhante (SILVA et al., 2013; SILVA et al., 2011; GUO et al., 2006). As folhas constituíram a maior proporção da biomassa de serapilheira que caiu ao solo (CIZUNGU et al., 2014; GUO et al.,

2006). No presente estudo, 73 % da serapilheira total depositada foi constituída pela fração folhas/miscelânea (Tabela 2).

Ao correlacionar o aporte de serapilheira com os elementos climáticos (Tabela 3), nem sempre é possível verificar correlações significativas, principalmente quando se analisa o clima no mês de coleta. A planta necessita de um tempo para responder fisiologicamente às mudanças do ambiente. Como observado em outros estudos (SILVA et al., 2011; SILVA et al., 2013; ZHANG et al., 2014), houve maior deposição da fração folhas/miscelânea na estação seca (inverno) (Tabela 2), onde 21 % de toda biomassa da fração folhas+miscelânea foi depositada em jun./14. A maior queda de folhas ocorrendo em momentos de déficit hídrico pode ser resultado da “estratégia” dos eucaliptos em reduzir o consumo de água através da diminuição na área foliar (SILVA et al., 2011; LADIGES, 1975). Em um estudo desenvolvido na Austrália, foi observado que o déficit de água e temperatura atuaram interativamente nas diferenças em índices de área foliar entre plantios de *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus nitens* (BATTAGLIA; BEADLE; LOUGHHEAD, 1996).

O segundo maior pico de deposição para a fração folhas+miscelânea ocorreu em fev./15 e mai./15, o que pode estar relacionado com a redução da precipitação em jan./15 e abr./15 (Figura 2). Mesmo não havendo correlação significativa entre a deposição da fração folhas+miscelânea e a precipitação como observado por Barlow et al. (2007), houve correlação negativa entre a deposição dessa fração e a umidade relativa do ar (UR) do mês anterior àquele de coleta da serapilheira (Tabela 3). Nota-se queda da UR em mai./14, jan./15 e abr./15 (Figura 2), e conseqüente, aumento da produção de folhas+miscelânea nos meses seguintes. Em set./14 houve uma queda brusca da UR e da precipitação, resultando em aumento na produção de folhas/miscelânea um mês depois (out./14) (Tabela 2), não se destacando como pico de deposição dessa fração provavelmente por causa da grande quantidade de folhas/miscelânea depositadas em jun./14.

O pico de deposição da fração galhos ocorreu em out./14 (24 % da biomassa anual de galhos). Esse pico de produção de galhos pode estar ligado ao fechamento do dossel desse povoamento que marca o maior valor de índice de área foliar. Estudos relatam fechamento do dossel em plantios de eucalipto nessa região aos 24 meses (ALMEIDA et al. 2015; XAVIER et al., 2002). Os meses de jun./14 a ago./14 apresentam a menor produção de galhos.

A deposição total de serapilheira foi maior em jun./14, out./14 e fev./15, acompanhando os picos de produção das frações estudadas (Tabela 2). A maior deposição de serapilheira em fev./15 (Tabela 2) é uma resposta da redução da precipitação ocorrida em set./14 (Figura 2). Não houve correlação com o mês anterior de coleta, porém, no mês anterior ao pico máximo de deposição ocorreu redução da precipitação.

Assim como observado nesse estudo, em florestas tropicais, a deficiência hídrica é sempre um fator limitante, e a precipitação é um dos elementos climáticos de maior influência sobre os padrões sazonais. Os picos de produção de serapilheira normalmente

ocorrem nos meses mais secos, principalmente no inverno ou na primavera (ZHANG et al., 2014). De forma geral, localidades com alta precipitação pluviométrica normalmente apresentam maior produção de serapilheira do que em regiões mais secas. A frequência e distribuição das chuvas também são importantes fatores na deposição, sendo necessária a consideração da ocorrência de intempéries incomuns no clima da região, uma vez que estes podem alterar a deposição de serapilheira, tanto em sistemas florestais naturais, como em florestas plantadas (ANDRADE et al., 2003).

Os resultados do retorno de nutrientes através da serapilheira no presente estudo foram semelhantes a outros estudos em florestas de eucalipto (SILVA et al., 2013; GUO et al., 2006). A transferência de nutrientes ao solo acompanha a tendência de deposição da serapilheira (GUO et al., 2006). Esse padrão também foi observado neste estudo, sendo composta principalmente pela fração folhas/miscelânea. Devido à sua predominância de biomassa, essa fração retornou a maior quantidade de macronutrientes (ALMEIDA et al., 2010). Portanto, uma vez que o maior retorno de nutrientes através da serapilheira ocorreu no inverno, as árvores de eucalipto devem ser colhidas após esse período para minimizar a depleção de nutrientes do local (GUO et al., 2006). Considerando o total de serapilheira, o Ca, que é um nutriente imóvel na planta, e, portanto, não é redistribuído para tecidos novos, foi o nutriente mais fornecido em quantidade sobre o piso florestal do povoamento do presente estudo. Esse nutriente, juntamente com o N transferiram 72 % do total de macronutrientes devolvidos ao solo.

A eficiência no uso dos nutrientes é um índice que avalia o funcionamento do ecossistema, sendo um indicador que relaciona a produção de biomassa por unidade de nutriente adquirido ou perdido (VITOUSEK, 1982). Os maiores valores mostram uma melhor eficiência na produção de biomassa por unidade do nutriente. Neste estudo, a fração galhos possui maior eficiência na utilização de nutrientes quando comparada a fração folhas+miscelânea (Tabela 6). O P apresentou melhor eficiência no uso pelo povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Estes dados corroboram com os estudos de (GODINHO et al., 2013; PINTO et al., 2009), onde os autores observaram maior eficiência no uso dos nutrientes para o P, dentro dos macronutrientes.

A circunstância de que a ordem decrescente de eficiência no uso dos macronutrientes deste estudo ( $P > S > Mg > K > Ca > N$ ) ser contrária às concentrações verificadas na serapilheira depositada ( $N > Ca > K > Mg > S > P$ ) indica que os processos de conservação dos nutrientes se fazem presentes no povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

As plantações de eucalipto realizam eficiências de uso de nutrientes elevados, ou eficiência de baixo consumo de nutrientes, por causa de baixas concentrações de nutrientes em seus tecidos (BARGALI et al., 1992). A maior eficiência de utilização de nutrientes expressa a economia no uso destes, mostrando uma possibilidade de limitação na produção primária no ambiente, enquanto a baixa eficiência assinala que o suprimento de nutrientes

é mais adequado (VITOUSEK, 1982). Está baixa eficiência no uso de nutrientes também indica uma ciclagem mais associada ao ciclo biogeoquímico, além de melhorar a fertilidade do solo. Enquanto que uma alta eficiência indica uma maior translocação para a biomassa viva, ou seja, quanto maior a eficiência no uso de nutrientes menor a deficiência pelo nutriente (JACOBSON, 2009). Dessa forma, pode-se ressaltar que altos valores no índice de utilização dos nutrientes indicam uma ciclagem de nutrientes mais eficiente (GAMA-RODRIGUES e BARROS, 2002).

## 5 | CONCLUSÃO

A serapilheira mostra picos de deposição para a fração folhas+miscelânea na estação seca. Essa fração constituiu a maior proporção da biomassa de serapilheira depositada, sendo também responsável pela maior parte do retorno de nutrientes. Nem sempre foi possível verificar correlações significativas entre a produção de serapilheira em relação aos elementos climáticos, principalmente quando analisamos o clima no mês de coleta.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Empresa Suzano Papel e Celulose SA, pelo apoio no planejamento, operações e financiamento do projeto, oferecendo todo o apoio necessário para a realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. Q.; RIBEIRO, A.; DELGADO, R. C.; RODY, Y. P.; OLIVEIRA, A. S.; LEITE, F. P. **Índice de Área Foliar de *Eucalyptus* Estimado por Índices de Vegetação Utilizando Imagens TM - Landsat 5**. Floresta e Ambiente, Seropédica, v. 22, n. 3, 2015.
- ALMEIDA, J. C. R.; LACLAU, J. P.; GONÇALVES, J. L. D. M.; RANGER, J.; SAINT-ANDRÉ, L. **A positive growth response to NaCl applications in *Eucalyptus* plantations established on K-deficient soils**. Forest Ecology and Management, v. 259, n. 9, pp. 1786–1795, 2010.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, [S.l.], v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANDRADE, A. G.; TAVARES, S. R. L.; COUTINHO, H. L. C. **Contribuição da serapilheira 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.
- BARGALI, S. S.; SINGH, R. P.; SINGH, S. P. **Structure and function of an age series of eucalypt plantations in Central Himalaya. II. Nutrient dynamics**. Annals of Botany, v. 69, n. 5, p. 413 – 421, 1992.
- BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; FERREIRA, L. V.; PERES, C. A. **Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon**. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 247, n. 1, p. 91-97, 2007.

- BATTAGLIA, M.; BEADLE, C.; LOUGHHEAD, S. **Photosynthetic temperature responses of *Eucalyptus globus* and *Eucalyptus nitens***. *Tree Physiology*, [S.l.], v. 16, p. 81–90, 1996.
- BRAY, J. R.; GORHAM, E. **Litter production in forests of the world**. *Advances in Ecological Research* v.2, p. 102–157, 1964.
- CIZUNGU, L.; STAELENS, J.; HUYGENS, D.; WALANGULULU, J.; MUHINDO, D.; CLEEMPUT, O. V.; BOECKX, P. **Litterfall and leaf litter decomposition in a central African tropical mountain forest and *Eucalyptus* plantation**. *Forest Ecology and Management*, v. 326, p. 109–116, 2014.
- CUEVAS, E.; MEDINA, E. **Nutrient dynamics within amazonian forest ecosystems**. *Oecologia*, [S.l.], v. 68, n. 3, p. 466–472, 1986.
- SANTOS, H. G. dos. Et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. **Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil**. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 2, n. 26, p. 193–207, 2002.
- GODINHO, T. de O. et al. **Fertilidade do solo e nutrientes na serapilheira em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual**. *Ecologia e nutrição florestal*, Santa Maria, RS, v. 1, n. 3, p. 97–109, 2013.
- GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. **Litter production and nutrient return in New Zealand eucalypt short-rotation forests: implications for land management**. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 73, p. 93±100, 1999.
- GUO, L. B.; SIMS, R. E. H.; HORNE, D. J. **Biomass production and nutrient cycling in *Eucalyptus* short rotation energy forests in New Zealand: I. Biomass and nutrient accumulation**. *Bioresource Technology*, V. 85, P. 273–283, 2002.
- GUO, L. B.; SIMS, R. E. H.; HORNE, D. J. **Biomass production and nutrient cycling in *Eucalyptus* short rotation energy forests in New Zealand: II. Litter fall and nutrient return**. *Biomass and Bioenergy*, v. 30, p. 393–404, 2006.
- IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório 2021**. Ano base 2020. Brasília, 2021.
- INCAPER. Instituto Capixada de Pesquisa, Assitência Técnica e Extensão Rural, 2015. Disponível em: <<http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/>> Acesso em: 07 outubro 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2012, 275 p.
- LACLAU, J. P.; DELEPORTE, F.; RANGER, J.; BOUILLET, J. P.; KAZOTTI, G. **Nutrient Dynamics throughout the Rotation of *Eucalyptus* Clonal Stands in Congo**. *Annals of Botany*. Jun; v. 91, n.7, pag. 879–892, 2003.
- LACLAU, J.-P. et al. **Biogeochemical cycles of nutrients in tropical *Eucalyptus* plantations: Main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil**. *Forest Ecology and Management*, [S.l.], v. 259, n. 9, p. 1771–1785, 2010.

LADIGES, P. Y. **Some aspects of tissue water relations in three populations of *Eucalyptus viminalis* Labill.** New Phytologist, [S.l.], v. 75, n. 1, p. 53–62, 1975.

PINTO, S. I. D. C. et al. **Ciclagem de nutrientes em dois trechos de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Florestal Mata do Paraíso em Viçosa, MG, Brasil.** Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 653–663, 2009.

RIBEIRO, C.; MADEIRA, M.; ARAÚJO, M. C. **Decomposition and nutrient release from leaf litter of *Eucalyptus globulus* grown under different water and nutrient regimes.** Forest Ecology and Management, v. 171(1-2), p. 31-41. 2002.

SAYER, E. J. **Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems.** Biological Reviews, v. 81, n. 1, pp. 1–31. 2006.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; LACLAU, J. P. **Applying Sewage Sludge to *Eucalyptus grandis* Plantations: Effects on Biomass Production and Nutrient Cycling through Litterfall.** Applied and Environmental Soil Science, [S.l.], v. 2011, p. 1–11, 2011.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; LIBARDI, P. L.; GONÇALVES, A. N. **Fertilizer management of eucalypt plantations on sandy soil in Brazil: Initial growth and nutrient cycling.** Forest Ecology and Management, v. 301, p. 67–78, 2013.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2. ed. Porto Alegre, RS: Departamento de Solos, UFRGS, 1995.

VITOUSEK, P. M.; SANFORD, R. L. **Nutrient cycling in moist tropical forest.** Annual Review Systems, v. 17, p. 137-167, 1986.

VITOUSEK, P. **Nutrient cycling and nutrient use efficiency.** The American Naturalist, [S.l.], v. 119, n. 4, p. 553–572, 1982.

ZHANG, H.; YUAN, W.; DONG, W.; LIU, S. **Seasonal patterns of litterfall in forest ecosystem worldwide.** Ecological Complexity, v. 20, p. 240–247, 2014.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**CRISTINA ALEDI FELSEMBURGH** - Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (2003), mestrado em Ciências de Florestas Tropicais pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2006), doutorado em Ecologia Aplicada pela Universidade de São Paulo (2009) e pós-doutorado na Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Divisão de Funcionamento de Ecossistemas Tropicais (2016). Atua como professora da Universidade Federal do Oeste do Pará, no Instituto de Biodiversidade e Florestas desde 2010. Atualmente dedica-se à projetos voltados para a área de Ecologia Aplicada.

## 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](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 