

Aplicações da Linguagem R em Análises de Vegetação

Écio Souza Diniz
Pedro Manuel Villa
(Organizadores)

Aplicações da Linguagem R em Análises de Vegetação

Écio Souza Diniz
Pedro Manuel Villa
(Organizadores)

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

A642 Aplicações da linguagem R em análises de vegetação [recurso eletrônico] / Organizadores Écio Souza Diniz, Pedro Manuel Villa. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-86002-35-5

DOI 10.22533/at.ed.355200903

1. Desenvolvimento sustentável. 2. R (Linguagem de programação de computador). 3. Recursos vegetais – Manejo. I. Diniz, Écio Souza. II. Villa, Pedro Manuel.

CDD 333.7511

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Os diferentes tipos de vegetação ao redor do globo, principalmente as florestas tropicais, se destacam por fornecer importantes bens e serviços ecossistêmicos para a humanidade como, por exemplo, regulação climática, provisão de alimentos e diversas fontes de energia. Contudo, as crescentes e rápidas mudanças no meio ambiente causadas por sua intensa exploração no século 21 têm promovido reduções drásticas de importantes vegetações distribuídas em distintos Biomas. O Brasil como um país de dimensão continental e rico em recursos vem atravessando profundas transformações em seus Biomas, o que é destacadamente devido aos usos intensos da terra sem técnicas adequadas de manejo para a sua exploração.

Diante desse panorama de significativas transformações do meio natural, se faz necessário e urgente o estudo de diferentes tipos de comunidades vegetais e ecossistêmicas para definir estratégias de manejo e conservação, assim como pesquisas que visem a otimização de produções agrícolas de forma sustentável. A união de compreensão ecológica precisa e adequadas técnicas de manejo permitem uma exploração sustentável a longo-prazo dos recursos vegetais, assegurando manutenção de diversidade e provisões para o futuro.

A execução de estudos robustos para alcançar essa interface entre conservação e exploração demanda o uso de eficientes ferramentas analíticas. Dentre essas ferramentas, as linguagens de programação têm se sido importantes aliadas para obtenções de predições e resultados estatísticos confiáveis e informativos. A linguagem contida no software R é a mais amplamente utilizada para processamento de dados e análises de vegetação. O R engloba diversos pacotes importantes para análises de dados de plantas em diversos contextos ecológicos e agrários. Com seus diversos pacotes, o R permite a busca mais apurada pela compreensão de padrões e processos ecológicos, avaliação de impactos antrópicos sobre vegetação, monitoramentos e previsões de condições do solo para plantios e predições de efeitos de mudanças climáticas em florestas. Essa gama de possibilidades analíticas amplifica o acerto em tomadas de decisão com relação ao uso dos nossos recursos naturais de forma geral.

Este livro tem como objetivo trazer uma compilação de algumas potencialidades do software R para análise de vegetação, contribuindo para o aumento da capacidade técnica de diversos profissionais das áreas de Ciências da Terra ou Naturais no uso dessa poderosa ferramenta analítica. Para tal, os capítulos aqui presentes discorrem de forma aplicada sob temas em contextos ecológicos e agrários. Todos os capítulos possuem links de compartilhamento livre de dados e scripts com códigos para execução das análises que eles abordam no R. Assim, desejamos que o conteúdo aqui presente auxilie você leitor (a) em sua tarefa analítica, amplificando a obtenção de resultados informativos e potenciais de aplicação prática.

Écio Souza Diniz
Pedro Manuel Villa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
BIOVEG – A PROTOCOL TO LEARN AND TEACH STATISTICS IN R USING VEGETATION DATA	
Écio Souza Diniz Jan Thiele	
DOI 10.22533/at.ed.3552009031	
CAPÍTULO 2	11
RAREFACTION AND EXTRAPOLATION OF SPECIES DIVERSITY DURING NEOTROPICAL FOREST SUCCESSION: AN R ROUTINE USING INEXT PACKAGE	
Pedro Manuel Villa Sebastião Venâncio Martins Écio Souza Diniz Antonio J. Pérez-Sánchez Gustavo Heringer Alice Cristina Rodrigues Daniela Schmitz Júnia Maria Lousada Herval Junior Pinto Andreza Viana Neri	
DOI 10.22533/at.ed.3552009032	
CAPÍTULO 3	20
PHYTOSOCIOLOGY IN R: A ROUTINE TO ESTIMATE PHYTOSOCIOLOGICAL PARAMETERS	
Gustavo Heringer Pedro Manuel Villa Andreza Viana Neri	
DOI 10.22533/at.ed.3552009033	
CAPÍTULO 4	30
ANÁLISE DE DADOS DE DESMATAMENTO COM R: VISUALIZAÇÃO INTERATIVA COM SHINY	
Carlos Eduardo Cardoso Mauricio Evandro Eloy João Paulo Martins dos Santos Alessandro Firmiano de Jesus	
DOI 10.22533/at.ed.3552009034	
CAPÍTULO 5	43
AVALIAÇÃO DE GRADIENTE PEDOAMBIENTAL USANDO ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) NA ANTÁRTICA MARÍTIMA	
Daniela Schmitz Pedro Manuel Villa Carlos Ernesto G.R. Schaefer Márcio Rocha Francelino	
DOI 10.22533/at.ed.3552009035	

CAPÍTULO 6	56
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE FATORES AMBIENTAIS E ATRIBUTOS FLORESTAIS USANDO ROTINAS NO R	
Alice Cristina Rodrigues Pedro Manuel Villa Andreza Viana Neri	
DOI 10.22533/at.ed.3552009036	
CAPÍTULO 7	69
SPATIAL RELATIONSHIP BETWEEN SOIL AND PHYTOSOCIOLOGICAL INDICATORS OF ECOLOGICAL RESTORATION IN AN ATLANTIC FOREST SITE	
Camila Santos da Silva Marcos Gervasio Pereira Rafael Coll Delgado Emanuel José Gomes de Araújo Cristiane Figueira da Silva Daniel Costa de Carvalho Shirlei Almeida Assunção Israel Oliveira Ramalho Deyvid Diego Carvalho Maranhão Ariovaldo Machado Fonseca Junior	
DOI 10.22533/at.ed.3552009037	
CAPÍTULO 8	82
MODELAGEM ESPACIALIZADA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO POR MEIO DO PACOTE AGRIWATER EM AMBIENTE R	
César de Oliveira Ferreira Silva Pedro Henrique Jandreice Magnoni	
DOI 10.22533/at.ed.3552009038	
CAPÍTULO 9	96
IMPACTO DO FOGO NO BANCO DE SEMENTES DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL ALTOMONTANA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG	
Júnia Maria Lousada Pedro Manuel Villa Gustavo Heringer Sebastião Venâncio Martins	
DOI 10.22533/at.ed.3552009039	
CAPÍTULO 10	110
EFFECTS OF SPATIAL SCALE ON PEQUI ENTOMOFAUNA	
Gustavo Amorim Santos Deomar Plácido da Costa Suzana da Costa Santos Pedro Henrique Ferri	
DOI 10.22533/at.ed.35520090310	
CAPÍTULO 11	122
PIPELINE DE EXPRESSÃO DIFERENCIAL EM R APLICADO À <i>Arabidopsis thaliana</i>	
Sheila Tiemi Nagamatsu Lucas Miguel de Carvalho	

Luciana Souto Mofatto
Nicholas Vinícius Silva
Marcelo Falsarella Carazzolle
Gonçalo Amarante Guimarães Pereira

DOI 10.22533/at.ed.35520090311

CAPÍTULO 12 138

MODELAGEM DE CRESCIMENTO DE CANA-DE-AÇÚCAR E CANA ENERGIA SOB O ESTÍMULO DE REGULADOR DE CRESCIMENTO

Luís Guilherme Furlan de Abreu
Lucas Miguel de Carvalho
Maria Carolina de Barros Grassi
Gonçalo Amarante Guimarães Pereira

DOI 10.22533/at.ed.35520090312

CAPÍTULO 13 150

INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO POR FLAVONOIDE NO CRESCIMENTO DE CLONES COMERCIAIS DE *E. urophylla* e *E. urograndis*

Nicholas Vinícius Silva
Luciana Souto Mofatto
Mariana Teixeira Rebouças
Lucas Miguel de Carvalho
Sheila Tiemi Nagamatsu
Marcelo Falsarella Carazzolle
Jorge Lepikson Neto
Gonçalo Amarante Guimarães Pereira

DOI 10.22533/at.ed.35520090313

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 166

ÍNDICE REMISSIVO 167

INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO POR FLAVONOIDE NO CRESCIMENTO DE CLONES COMERCIAIS DE *E. urophylla* E *E. urograndis*

Data de aceite: 12/02/2020

Nicholas Vinícius Silva

Laboratório de Genômica e BioEnergia,
Departamento de Genética e Evolução,
Microbiologia e Imunologia, UNICAMP, Campinas,
São Paulo, 13083-970, Brasil

Luciana Souto Mofatto

Laboratório de Genômica e BioEnergia,
Departamento de Genética e Evolução,
Microbiologia e Imunologia, UNICAMP, Campinas,
São Paulo, 13083-970, Brasil

Mariana Teixeira Rebouças

Laboratório de Genômica e BioEnergia,
Departamento de Genética e Evolução,
Microbiologia e Imunologia, UNICAMP, Campinas,
São Paulo, 13083-970, Brasil

Lucas Miguel de Carvalho

Laboratório de Genômica e BioEnergia,
Departamento de Genética e Evolução,
Microbiologia e Imunologia, UNICAMP, Campinas,
São Paulo, 13083-970, Brasil

Sheila Tiemi Nagamatsu

Laboratório de Genômica e BioEnergia,
Departamento de Genética e Evolução,
Microbiologia e Imunologia, UNICAMP, Campinas,
São Paulo, 13083-970, Brasil

Marcelo Falsarella Carazzolle

Laboratório de Genômica e BioEnergia,
Departamento de Genética e Evolução,
Microbiologia e Imunologia, UNICAMP, Campinas,
São Paulo, 13083-970, Brasil

Jorge Lepikson Neto

Instituto SENAI de Inovação em Biomassa – Três
Lagoas, MS. Brasil

Gonçalo Amarante Guimarães Pereira

Laboratório de Genômica e BioEnergia,
Departamento de Genética e Evolução,
Microbiologia e Imunologia, UNICAMP, Campinas,
São Paulo, 13083-970, Brasil

RESUMO: Eucalyptus é um gênero nativo da Austrália que possui como característica a alta adaptabilidade e rápido crescimento em diversas condições edafoclimáticas. Atualmente o Eucalyptus é utilizado na produção de celulose e papel devido a essas características, além de apresentar alto potencial para a produção de biocombustível de segunda geração por ter uma produção significativa de biomassa. No entanto, a produção desta matéria prima é impactada por alguns fatores como a baixa disponibilidade de água e em casos extremos, à seca. Estudos de expressão gênica demonstraram que a suplementação com flavonoides modifica a estrutura da lignina, alterando a síntese de seus monômeros. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo analisar se a suplementação com flavonoides em dois clones comerciais de eucalipto (*E. urophylla* e *E. urograndis*) está relacionada com o aumento de crescimento dessas plantas, tornando-a de maior interesse para a indústria energética. As análises foram

realizadas na plataforma R. Os resultados comprovaram que as plantas tratadas apresentaram um crescimento e diâmetro do caule superior às plantas controle em ambas espécies de eucalipto.

PALAVRAS-CHAVE: flavonoides, biomassa, *Eucalyptus*, chalcona, naringenina.

ABSTRACT: *Eucalyptus* is a genus native to Australia with high adaptability and rapid growth in many edaphoclimatic conditions. *Eucalyptus* is currently used for pulp and paper production due to these characteristics and has high potential for second generation biofuel production due to significant biomass production. However, the production of this raw material is impacted by some factors such as low water availability and in extreme cases, drought. Gene expression studies have shown that flavonoid supplementation modifies the structure of the line, altering the demonstration of its monomers. In this context, this study aimed to analyze the flavonoid supplementation in two commercial eucalyptus clones (*E. urophylla* and *E. urograndis*), which is useful with the growth of these plants, presenting a greater interest for the economic industry. The analyzes were performed on the R platform. The results proven that the treated plants presented superior growth and stem diameter than the control plants in eucalyptus species.

KEYWORDS: flavonoids, biomass, *Eucalyptus*, chalcone, naringenin.

1 | INTRODUÇÃO

Eucalyptus, é um gênero pertencente à família Myrtaceae, originário da Austrália que corresponde à aproximadamente setecentas espécies catalogadas (Longue Júnior e Colodette, 2013; Yang et al., 2016). O Eucalipto é plantado em mais de 90 países com mais de 18 milhões de hectares, sendo a árvore utilizada para a extração de madeira mais difundida do mundo (Arena et al., 2016; Suganya e Senthil Kumar, 2018). O plantio desta árvore têm se destacado devido ao rápido crescimento, alta produtividade, densidade de madeira relativamente alta, propriedades químicas apropriadas, baixo teor de umidade, facilidade de colheita e ampla adaptabilidade às características edafoclimáticas (Rockwood et al., 2008; Vallejos et al., 2017; Zhou et al., 2017), sendo plantados atualmente mais de cinco milhões de hectares de eucalipto no Brasil, com uma produção anual de madeira de 156,3 milhões de m³ (www.cib.org.br). O gênero compreende cerca de 70% da produção florestal sustentável do país, sendo *Eucalyptus grandis* a espécie mais cultivada no Brasil, graças ao seu potencial produtivo e às características de sua madeira (Martins et al. 2007).

Nesse contexto, as espécies de eucalipto surgem com grande potencial para produção de biocombustíveis, no entanto, a madeira de eucalipto possui alta complexidade entre as moléculas de celulose, lignina e hemicelulose contidas na

parede celular. Esse é um fator limitante ao processo de aproveitamento de biomassa e obtenção de açúcares fermentescíveis para a produção de biocombustível, tornando o processo de deslignificação mais ineficiente (Pu et al., 2013). Além disso, existe uma grande variedade de resíduos advindos da indústria do papel que podem ser convertidos em combustíveis e fontes de carbono (carvão vegetal, biocarvão e carvão ativado) (Elyounssi et al., 2012; Kumar et al., 2010; Heidari et al., 2019). No caso da casca de eucalipto, ela apresenta-se importante principalmente na produção de calor e eletricidade por combustão (termoelétricas) e métodos utilizados em sistemas de bioenergia (biorefinarias), alguns métodos: Combined Heat and Power Plant (CHP), Heat Plant (HP), Combined heat and power with carbon capture and storage (BECCS) (Cavalett et al., 2018; da Silva et al., 2019); no entanto, a alta recalcitrância de sua estrutura lenhosa pode dificultar o processo de desconstrução da biomassa (Carvalho et al., 2015).

Apesar do eucalipto possuir alta capacidade em produzir biomassa (Longue Júnior e Colodette, 2013), fatores como a baixa disponibilidade de água, podem impactar negativamente o rendimento da produção (Chaves, 2002). Dessa forma, em busca de alternativas para a melhoria da madeira na produção de papel e celulose e seu aproveitamento para produção de biocombustíveis, nosso grupo avaliou a influência da suplementação de mudas de eucalipto com flavonoides.

É conhecido que a suplementação com os flavonoides narigenina e narigenina-chalcona em clones híbridos comerciais jovens de *Eucalyptus urograndis* resultou em alterações significativas da parede celular, reduzindo o teor e alterando a composição monomérica da lignina (monômeros siringil e guaiacil (S/G)), além de aumentar a acessibilidade da parede celular a açúcares fermentescíveis (Lepikson-Neto et al., 2013; Salazar et al., 2013). A análise do transcriptoma do xilema das plantas tratadas revelou que as alterações são decorrentes da expressão diferencial de genes relacionados à lignificação e à resposta ao estresse abiótico, sugerindo que aplicação dos flavonoides poderiam afetar a resistência das plantas e o processo de formação da lignina (Lepikson-Neto et al., 2014).

Em estudos prévios, identificamos uma relação entre a suplementação com flavonoides e alterações na parede celular, bem como alterações na expressão de genes da via da lignina, associada ao crescimento e desenvolvimento vegetal. Por este motivo, avaliamos a aplicação do flavonoide narigenin-chalcona em plantas jovens de *Eucalyptus urophylla* e *E. urograndis* (híbrido entre *E. grandis* e *E. urophylla*) para verificar se existe um efeito sobre o crescimento de plantas jovens. Neste capítulo, iremos analisar os dados biológicos por meio de o software R e detalhar a aplicação de testes estatísticos.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Preparação das plantas e suplementação

Mudas de clones comerciais de *E. urophylla* e *E. Urograndis*, fornecidas pela International Paper (Mogi-Guaçu, Brasil) com um mês de idade, foram transplantadas em vasos e mantidas em casa de vegetação do laboratório de Genética e Expressão (LGE) no Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas. As plantas foram submetidas à um período de adaptação por aproximadamente 30 dias com irrigação diária. Após esse período, as plantas foram divididas em dois grupos, controle (*E. urograndis*: C-UGR, *E. urophylla*: C-UPH) e suplementado (*E. urograndis*: T-UGR, *E. urophylla*: T-UPH) com flavonoide narigenin-chalcona. Todas as plântulas foram suplementadas semanalmente com 50-150 ml de solução nutritiva Sarruge (1975), e ao grupo suplementado, foi adicionado à solução o flavonoide narigenin-chalcona (0.01 mmol) (Lepkison-Neto et al., 2014), durante um período de seis meses. A altura das plantas foi mensurada semanalmente.

2.2 Organização dos dados

Os dados de parâmetros de crescimento para os grupos tratado e controle foram cadastrados em planilhas no MS Excel da seguinte maneira (para *E. urograndis* e *E. urophylla*):

- Plantas Controle: (1) altura (cm); (2) diâmetro do caule (cm);
- Plantas com tratamento: (1) Crescimento em altura (cm); (2) Diâmetro do caule (cm).

Desta maneira, as tabelas foram inseridas no MS Excel como abaixo:

Amostra	Semanas								
	W0	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W...	W17
UGR_C1	4.47	5.19	5.37	6.84	7.00	7.21	7.23	...	9.27
UGR_C2	4.63	5.70	5.79	7.30	7.90	8.12	8.22	...	9.89
UGR_C3	6.60	8.20	8.83	11.1	12.5	12.8	12.98	...	13.2
UGR_C4	4.00	4.92	5.08	7.14	8.02	8.20	8.32	...	8.95
...
UGR_C10	5.61	6.46	6.46	8.27	9.02	9.13	9.28	...	10.44

Na primeira coluna estão os nomes das amostras (parcelas) e nas colunas 2 a 18 estão as medidas das plantas da semana inicial (W0) até semana final (W17). Cada planilha foi salva como “*Texto (separado por tabulações)*”, formato que permite importação dos dados para o R. Os dados de controle e tratamento foram salvos separadamente para facilitar a análise estatística e a composição dos gráficos.

2.3 Instalação de pacotes para gráficos

Para que os gráficos sejam gerados ao final das análises estatísticas, será utilizado o pacote “*ggplot2*”. Este pacote permite incluir atributos estéticos, deixando a visualização dos dados elegante (Wickham et al., 2016). É necessário usar o seguinte comando para instalar o pacote:

```
>install.packages("ggplot2")
```

Para utilização do pacote, digite:

```
>library("ggplot2")
```

2.4 Definindo o diretório de trabalho a ser usado nas análises dos dados

Antes de iniciar a análise é necessário definir o diretório de trabalho, especificando para o R em qual local estão os arquivos para importação dos dados. Para verificar o seu atual diretório de trabalho, digite:

```
>getwd()
```

Caso não seja o diretório em que você deseja trabalhar, será necessário definir o local através do comando:

```
>setwd("/diretorio desejado/")
```

2.5 Usando o R para importação e análise estatística dos dados

Como os dados foram salvos em arquivos texto separados por tabulações, é possível realizar a importação dos mesmos para o R através do comando:

```
# Tabela de crescimento (Controle)
```

```
>tb_ugr_cr_ctr <- read.delim(file = "UGR_crescimento_controle.txt", sep = "\t", header = TRUE, row.names = 1)
```

```
# Tabela de crescimento (Tratamento)
```

```
>tb_ugr_cr_trt <- read.delim(file = "UGR_crescimento_tratamento.txt", sep = "\t", header = TRUE, row.names = 1)
```

Os parâmetros da função *read.delim* indicam que: a) Os dados estão separados por tabulação (*sep = "\t"*); b) A tabela já possui cabeçalho (dados da primeira linha) (*header = TRUE*); c) Os nomes das linhas da tabela serão os mesmos que os dados da primeira coluna (*row.names = 1*).

Duas variáveis do tipo *Data Frame* foram criadas ao importar os dados (*tb_ugr_cr_ctr* para Controle e *tb_ugr_cr_trt* para Tratamento). *Data Frame* é uma estrutura de dados que permite ter colunas com tipos de dados diferentes (numéricos, caracteres, lógicos). Para obter as dimensões do *Data Frame*, utilize o comando *dim*:

```
# Número de linhas
```

```
>linhas_cr_ctr = dim(tb_ugr_cr_ctr)[1] # Controle
```

```
>linhas_cr_trt = dim(tb_ugr_cr_trt)[1] # Tratamento
```

```
# Número de colunas
```

```
>cols_cr_ctr = dim(tb_ugr_cr_ctr)[2] # Controle
>cols_cr_trt = dim(tb_ugr_cr_trt)[2] # Tratamento
```

2.6 Verificação da distribuição dos dados

Para verificar se a distribuição dos dados, foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Para isto, variáveis do tipo vetor foram geradas para conter as medianas dos dados de cada semana (W0 até W17) por grupo, conforme código abaixo:

```
# Cálculo da mediana dos dados por semanas - Controle
>mediana_ugr_cr_ctr = vector(mode = "numeric", length = cols_cr_ctr)
>for(i in 1:cols_cr_ctr){
  mediana_ugr_cr_ctr[i] = median(tb_ugr_cr_ctr[,i], na.rm = TRUE)
}
# Teste Shapiro-Wilk
>shapiro.test(mediana_ugr_cr_ctr)
```

Os dados apresentaram uma distribuição normal com $p\text{-value} > 0,05$.

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: mediana_ugr_cr_ctr
```

```
W = 0.95342, p-value = 0.4811
```

Para o grupo de tratamento, as mesmas linhas de comando para o teste de Shapiro-Wilk foram repetidas. O resultado do teste está abaixo:

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: mediana_ugr_cr_trt
```

```
W = 0.94589, p-value = 0.3642
```

2.7 Análise estatística

Para identificar se houve efeito no tratamento das plantas por semana, foi utilizado um teste estatístico para a comparação das duas medianas dos grupos “Controle” e “Tratamento”. Para isto foi escolhido o *teste t de Student* para amostras independentes, conforme abaixo:

```
>t.test(tb_ugr_cr_ctr, tb_ugr_cr_trt,paired = FALSE)
```

Os resultados mostraram que houve diferença estatisticamente significativa ($p\text{-value} < 0,05$), ou seja, o tratamento causou um aumento no crescimento das plantas.

```
Welch Two Sample t-test
```

```
data: tb_ugr_cr_ctr and tb_ugr_cr_trt
```

```
t = -6.1491, df = 334.44, p-value = 2.221e-09
```

```
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
```

95 percent confidence interval:

-11.110339 -5.724803

sample estimates:

mean of x mean of y

59.65465 68.07222

2.8 Geração de gráficos

Para melhor demonstração dos resultados, foram gerados gráficos de pontos e *boxplots* para demonstrar como o tratamento com flavonoide causou aumento no crescimento nas alturas das plantas. Para isto, foi utilizado o pacote *ggplot2*:

```
>library(ggplot2)
```

Para facilitar a plotagem dos dados, as variáveis *tempo*, *crescimento* e *grupos* (tratado e controle) foram criadas a partir dos cálculos da mediana, como demonstrado abaixo:

```
>tempo = colnames(tb_ugr_cr_ctr)
>crescimento_ctr = mediana_ugr_cr_ctr
>crescimento_trt = mediana_ugr_cr_trt
>crescimento = c(crescimento_ctr,crescimento_trt)
>grupos = c(rep("C_UGR", length(crescimento_ctr)), rep("T_UGR", length(crescimento_trt)))
>tb_crescimento = data.frame(crescimento,grupos,tempo)
```

A variável *tempo* é um vetor utilizado no *eixo x* do gráfico de pontos, a qual contém os nomes das semanas (obtido pelo comando *colnames* retorna os nomes das colunas do cabeçalho do *Data Frame*).

```
> tempo
[1] "W0" "W1" "W2" "W3" "W4" "W5" "W6" "W7" "W8" "W9" "W10" "W11" "W12" "W13" "W14"
"W15" "W16" "W17"
```

A variável *crescimento* também é um vetor que possui valores das medianas dos grupos Controle e Tratamento.

```
> crescimento
[1] 43.75 45.00 46.00 47.25 50.40 55.00 55.20 56.85 57.50 57.75 60.00 61.00 63.00 66.00 68.00
72.00 75.00 75.50
[19] 47.00 48.50 49.25 53.00 56.10 59.75 60.75 64.20 65.55 66.35 71.40 72.00 77.50 80.50 83.00
86.00 88.50 90.00
```

A variável *grupos* também é um vetor contendo a especificação dos grupos Controle e Tratamento.

```
> grupos
[1] "C_UGR" "C_UGR" "C_UGR" "C_UGR" "C_UGR" "C_UGR" "C_UGR" "C_UGR" "C_UGR" "C_
UGR" "C_UGR" "C_UGR" "C_UGR"
[14] "C_UGR" "C_UGR" "C_UGR" "C_UGR" "C_UGR" "T_UGR" "T_UGR" "T_UGR" "T_UGR" "T_UGR"
"T_UGR" "T_UGR" "T_UGR"
```



```
[27] "T_UGR" "T_UGR" "T_UGR" "T_UGR" "T_UGR" "T_UGR" "T_UGR" "T_UGR" "T_UGR" "T_UGR"
```

Ao final, foi gerada a variável *tb_crescimento* do tipo *Data Frame* contendo os dados de tempo, crescimento e grupos.

```
> head(tb_crescimento, 5)
```

	crescimento	grupos	tempo
1	43.75	C_UGR	W0
2	45.00	C_UGR	W1
3	46.00	C_UGR	W2
4	47.25	C_UGR	W3
5	50.40	C_UGR	W4

Após a formatação dos dados das medianas, o gráfico de pontos foi gerado e atribuído à variável *p1* conforme o código abaixo. Foi utilizado o comando *tiff* para salvar o gráfico automaticamente (figura 1).

```
## Gráfico de pontos para comparação do crescimento usando os dados das medianas
```

```
>p1 <- ggplot(data = tb_crescimento, aes(x = factor(tempo, levels = unique(tempo)), y = crescimento)) +  
  geom_point(aes(colour = factor(grupos)), size = 3) +  
  labs(x = "Tempo (Semanas)", y = "Crescimento (Altura)", colour = "Grupos") + theme_gray(base_size = 14)  
>tiff(filename = "grafico_cresc_UGR_pontos_mediana.tif", width = 800, height = 600, units = "px",  
  pointsize = 12, compression = "lzw+p", bg = "white", res = NA, family = "", restoreConsole = TRUE,  
  type = c("windows", "cairo"))  
>p1  
>dev.off()
```

Para os demais gráficos (figuras 2 e 3), os dados foram formatados conforme

Nota 1 para gerar a tabela abaixo:

```
> tb_ugr_cr = read.table(file = "UGR_crescimento_formatado.txt", header = TRUE, row.names = 1)
```

```
> head(tb_ugr_cr, 5)
```

	valores_cr	grupos_cr	semanas_cr
1	47.5	C_UGR	W0
2	45.5	C_UGR	W0
3	54.5	C_UGR	W0
4	42.2	C_UGR	W0
5	41.2	C_UGR	W0

Para gerar os gráficos de pontos (figura 2) e do tipo *Boxplot* (figura 3) foi utilizado o código abaixo. Todos os gráficos são salvos automaticamente em formato *tiff*.

```
## Data Frame com os dados formatados
```

```
>tb_ugr_cr = >read.table(file = "UGR_crescimento_formatado.txt", header = TRUE, row.names = 1)
```

```
## Gráfico de pontos para comparação do crescimento usando todos dados
```

```
>p2 <- ggplot(subset(tb_ugr_cr, !is.na(valores_cr)), aes(x = factor(semanas_cr, levels =  
  unique(semanas_cr)), y = valores_cr)) +
```

```

geom_point(aes(colour = factor(grupos_cr)), size = 3) +
labs(x = "Tempo (semanas)", y = "Crescimento (Altura)", colour = "Grupos")+ theme_gray(base_size =
14)
>tiff(filename = "grafico_cresc_UGR_pontos_totais.tif", width = 800, height = 600, units = "px", pointsize
= 12, compression = "lzw+p", bg = "white", res = NA, family = "", restoreConsole = TRUE, type =
c("windows", "cairo"))
>p2
>dev.off()
## Gráfico Boxplot para comparação do crescimento usando todos os dados
>p3 <- ggplot(data = subset(tb_ugr_cr, !is.na(valores_cr)), aes(x = factor(semanas_cr, levels =
unique(semanas_cr)), y = valores_cr)) +
  geom_boxplot(aes(fill = grupos_cr), position=position_dodge(0.9)) +
  scale_fill_manual(values = c("Red", "Blue")) +
  labs(x = "Tempo (semanas)", y = "Crescimento (Altura)", fill = "Grupos") + theme_gray(base_size =
14)
>tiff(filename = "grafico_cresc_UGR_boxplot.tif", width = 800, height = 600, units = "px", pointsize
= 12, compression = "lzw+p", bg = "white", res = NA, family = "", restoreConsole = TRUE, type =
c("windows", "cairo"))
>p3
>dev.off()

```

3 | DISCUSSÃO DOS DADOS BIOLÓGICOS

Os flavonoides são compostos polifenólicos encontrados em todas as plantas vasculares e não vasculares. Embora não sejam essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, os flavonoides têm papéis específicos da espécie na nodulação, fertilidade, defesa e proteção contra radiação ultravioleta (UV). Foi demonstrado que os flavonoides modulam o transporte de auxina, além das respostas trópicas dependentes da auxina. No entanto, os flavonoides não são reguladores essenciais desses processos porque o transporte e as respostas trópicas ocorrem na sua ausência. Os flavonoides modulam a atividade das glicoproteínas P transportadoras de auxinas e parecem modular a atividade de proteínas reguladoras, como fosfatases e quinases. A análise filogenética sugere que os mecanismos de transporte de auxinas evoluíram na presença de compostos flavonoides produzidos para a eliminação de espécies reativas de oxigênio e defesa contra herbívoros e patógenos (Bessau et al., 2007; Peer e Murphy, 2007).

A aplicação em plantas jovens de dois clones comerciais de eucalipto durante seis meses, promoveu o crescimento das plantas e o teste estatístico confirmou que houve diferença estatisticamente significativa ($p\text{-value} < 0,05$). No entanto, há relatos de que o acúmulo de flavonoides resulta na redução do crescimento devido à

diminuição do fluxo de auxina em um mutante de *A. thaliana* (Bessau et al, 2007). Foi relatado que o flavonoide naringenin inibe a atividade do 4CL *in vitro* (Voo et al. 1995), suprime o crescimento e reduz o conteúdo de lignina em plantas gramíneas, como milho (*Zea mays* L.), Arroz (*Oryza sativa* L.) e capim-água (*Echinochloa oryzicola*) (Deng et al. 1998). O efeito da suplementação de naringenin e chalcona suprimiram o crescimento de 20 espécies anuais de plantas, embora as sensibilidades foram diferentes entre as plantas (Chen et al., 2004).

Em eucalipto, a suplementação de plantas jovens com flavonoides promoveu a modificação da madeira, como resultado de alterações na composição dos monômeros que formam a lignina. Com a diminuição desses monômeros (do tipo S e G), as árvores suplementadas possuem a madeira mais susceptível à degradação química, além de apresentar alterações no metabolismo de açúcar e de genes responsivos à stress (Lepikson-Neto et al., 2014). Nesse contexto, os resultados apresentados demonstram uma nova aplicação das chalconas como moléculas que regulam o crescimento de plantas jovens de eucalipto, possivelmente pelo desbalanço ocasionado na via dos fenilpropanoides.

4 | NOTA 1

Código para formatação dos dados para uso em gráfico do pacote “*ggplot2*”:

```
### Grupos
>grupos_cr = c(rep("C_UGR",linhas_cr_ctr*cols_cr_ctr),
               rep("T_UGR",linhas_cr_trt*cols_cr_trt))
### Tempo (Semanas) - pelo nome das colunas do grupo Controle
>nomes_col_cr_ctr = colnames(tb_ugr_cr_ctr)
>semanas_cr_ctr = vector(mode="character", length = >length(nomes_col_cr_ctr)*linhas_cr_ctr)
>for(i in 1:length(nomes_col_cr_ctr)){
  temp = rep(nomes_col_cr_ctr[i],linhas_cr_ctr)
  if(i == 1){
    semanas_cr_ctr = temp
  }
  else{
    semanas_cr_ctr = c(semanas_cr_ctr,temp)
  }
}
### Tempo (Semanas) - pelo nome das colunas do grupo Tratamento
>nomes_col_cr_trt = colnames(tb_ugr_cr_trt)
>semanas_cr_trt = vector(mode="character", length = >length(nomes_col_cr_trt)*linhas_cr_trt)
>for(i in 1:length(nomes_col_cr_trt)){
  temp = rep(nomes_col_cr_trt[i],linhas_cr_trt)
  if(i == 1){
    semanas_cr_trt = temp
```

```

}
else{
  semanas_cr_trt = c(semanas_cr_trt,temp)
}
}
>semanas_cr = c(semanas_cr_ctr,semanas_cr_trt)
## Valores de crescimento - Controle
>valores_cr_ctr = vector(mode="numeric",length = linhas_cr_ctr*cols_cr_ctr)
>for(i in 1:cols_cr_ctr){
  temp = tb_ugr_cr_ctr[,i]
  if(i == 1){
    valores_cr_ctr = temp
  }
  else{
    valores_cr_ctr = c(valores_cr_ctr,temp)
  }
}
## Valores de crescimento - Tratamento
>valores_cr_trt = vector(mode="numeric",length = linhas_cr_trt*cols_cr_trt)
>for(i in 1:cols_cr_trt){
  temp = tb_ugr_cr_trt[,i]
  if(i == 1){
    valores_cr_trt = temp
  }
  else{
    valores_cr_trt = c(valores_cr_trt,temp)
  }
}
>valores_cr = c(valores_cr_ctr, valores_cr_trt)
### Tabela final formatada ###
>tabela_final_cr = cbind(valores_cr,grupos_cr,semanas_cr)
### Salvar a tabela formatada ###
>write.table(tabela_final_cr, file = "UGR_crescimento_formatado.txt", sep = "\t", row.names = TRUE,
col.names = TRUE)

```


5 | FIGURAS

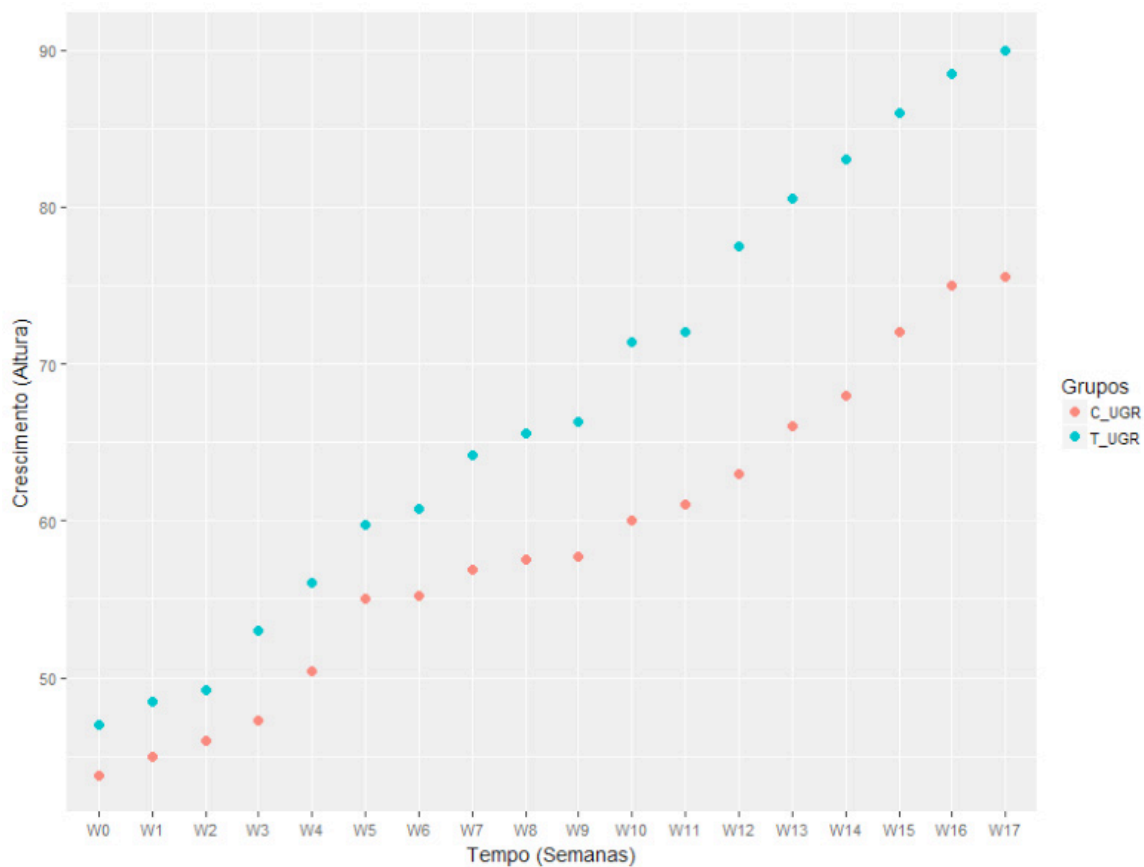


Figura 1. Gráfico de pontos (Crescimento em função do tempo em semanas) referente a medianas das medidas em *E. urograndis* (C_UGR = Controle e T_UGR = Tratamento).

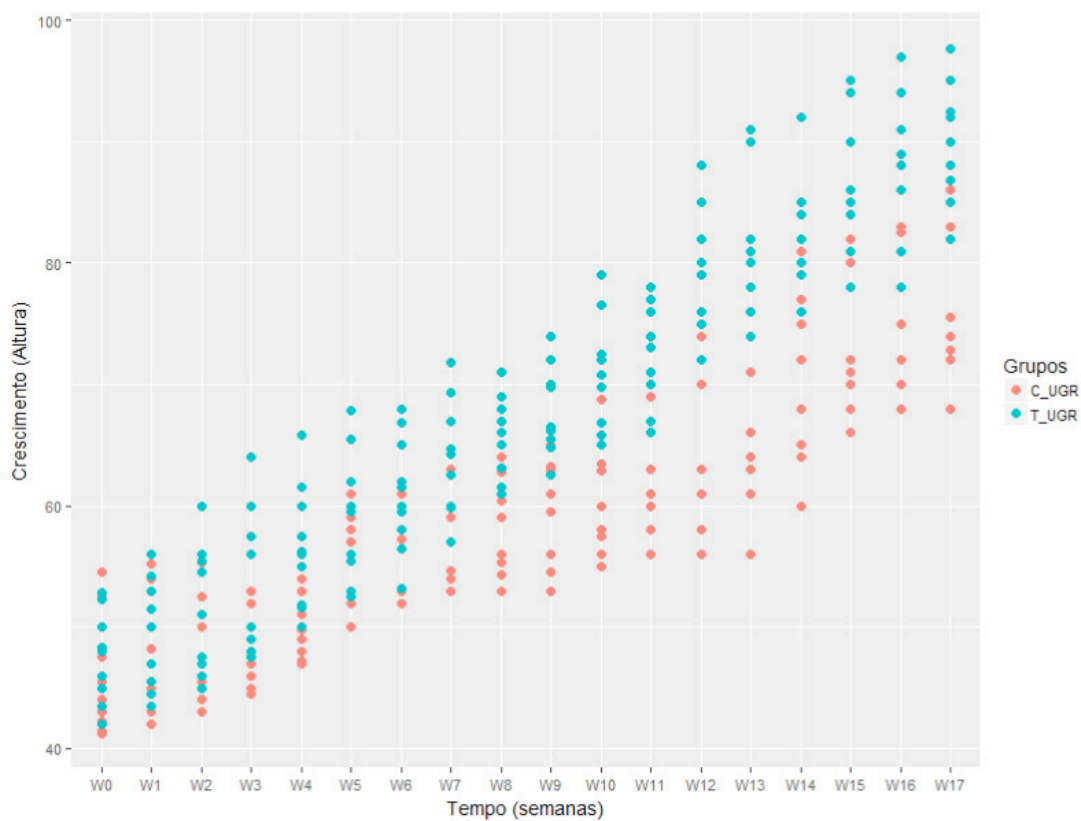


Figura 2. Gráfico de pontos (Crescimento em função do tempo em semanas) referente a distribuição das medidas de crescimento em *E. urograndis* (C_UGR = Controle e T_UGR = Tratamento).

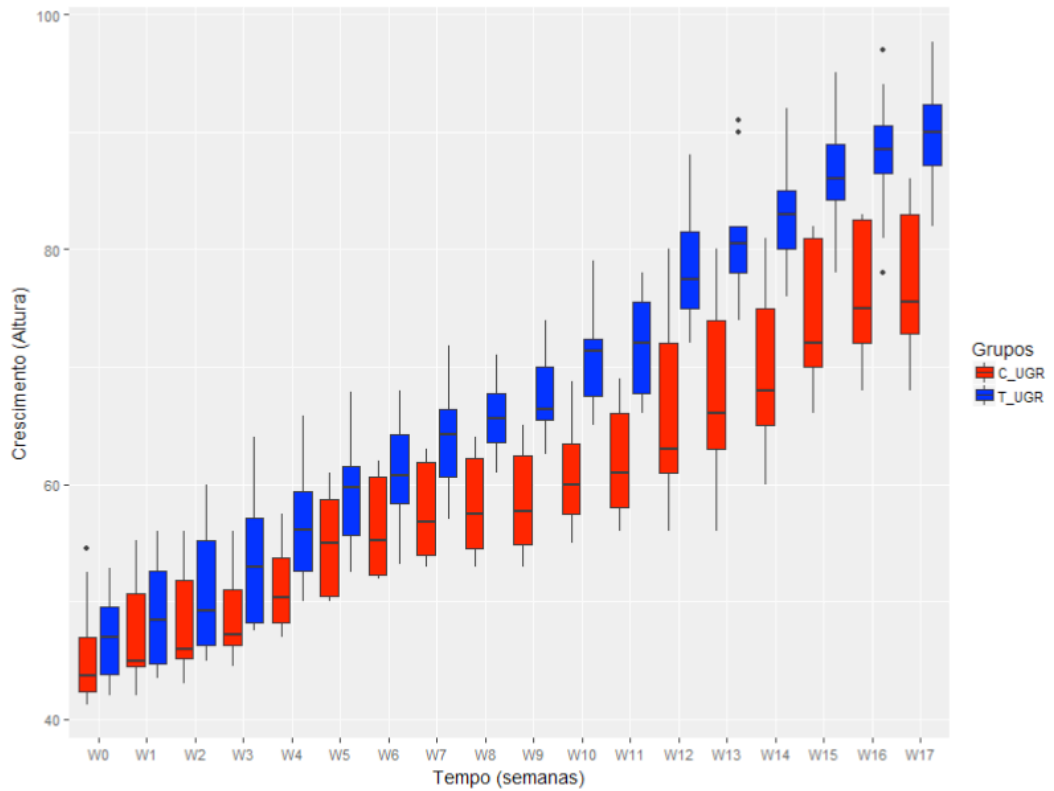


Figura 3. *Boxplot* (Crescimento em função do tempo em semanas) referente a todos os dados de crescimento em *E. urograndis* (C_UGR = Controle e T_UGR = Tratamento).

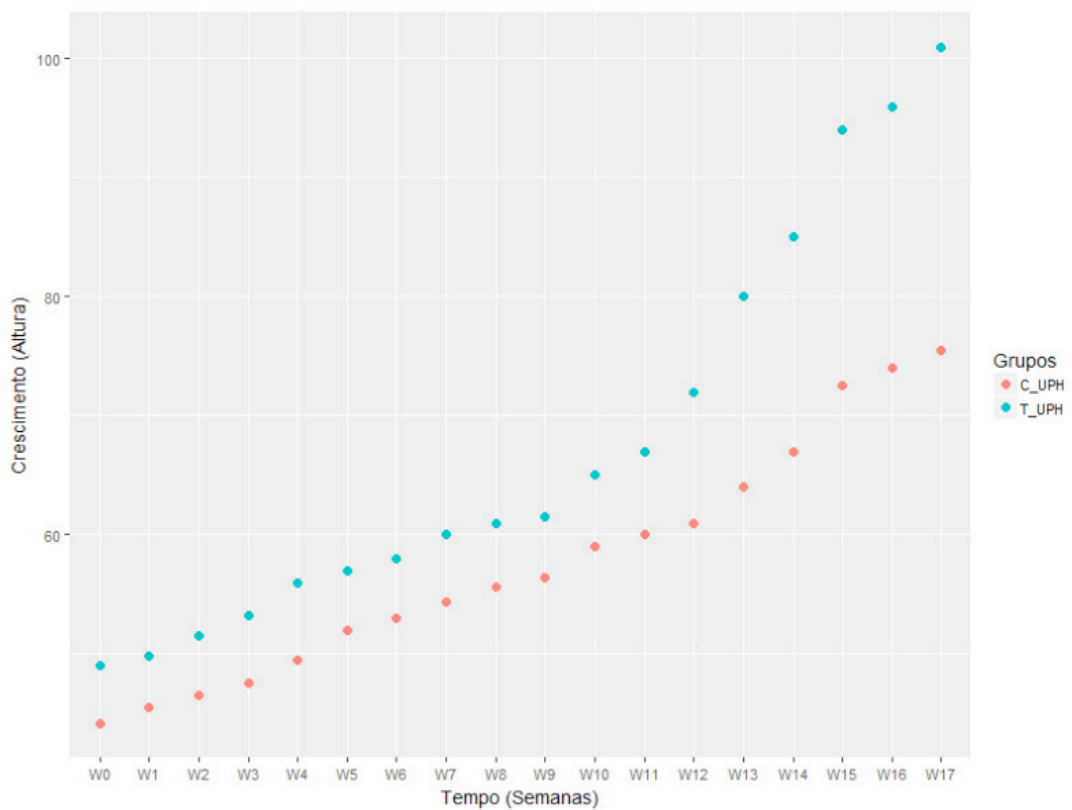


Figura 4. Gráfico de pontos (Crescimento em função do tempo em semanas) referente a mediana das medidas de crescimento em *E. urophylla* (C_UPH = Controle e T_UPH = Tratamento).

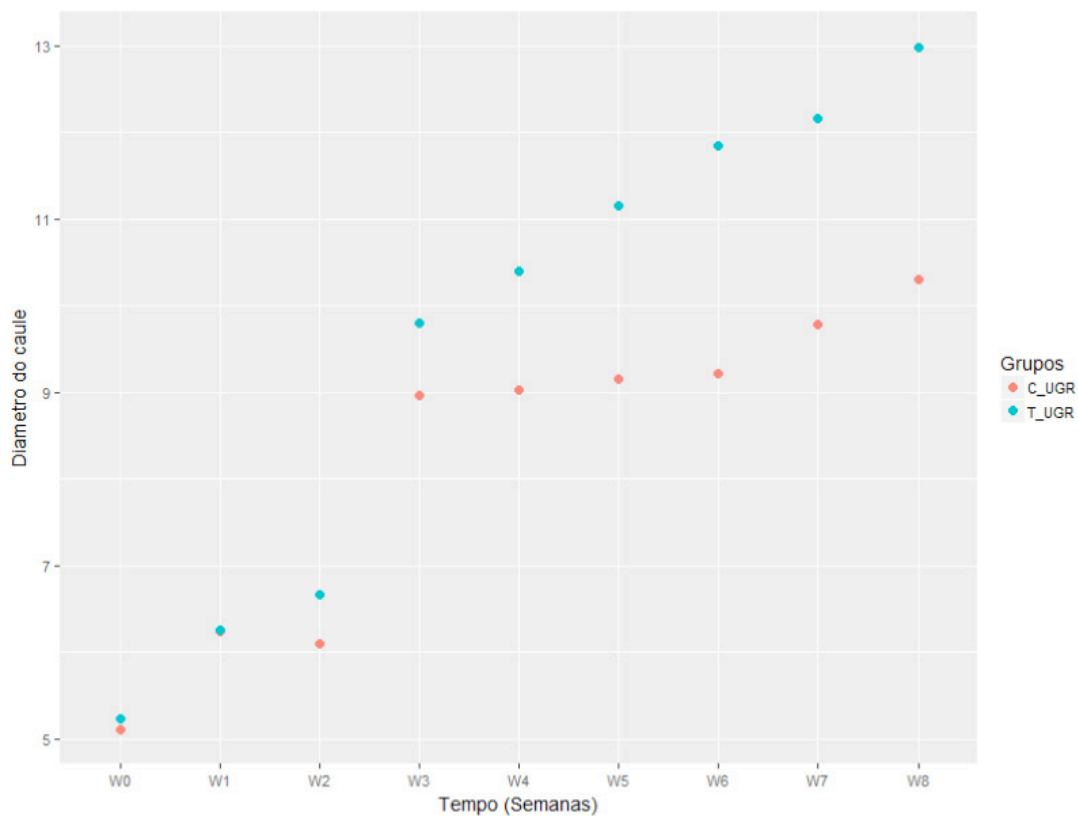


Figura 5. Gráfico de pontos (Diâmetro do caule em função do tempo em semanas) referente a mediana das medidas de diâmetro em *E. urograndis* (C_UGR = Controle e T_UGR = Tratamento).

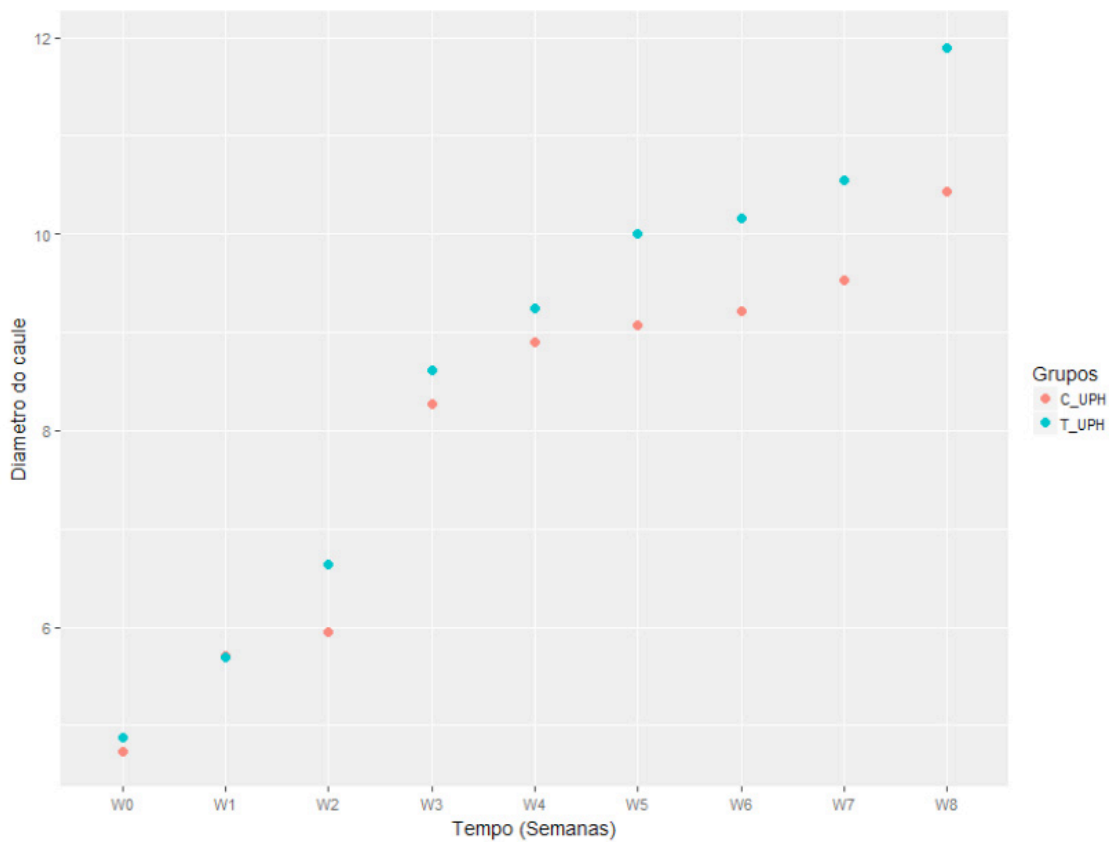


Figura 6. Gráfico de pontos (Diâmetro do caule em função do tempo em semanas) referente a mediana das medidas de diâmetro do caule em *E. urophylla*.

6 | ACESSIBILIDADE AOS DADOS E COMANDOS (SCRIPT)

Link: doi.org/10.13140/RG.2.2.33780.09600

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ (Processo: 150977/2019-0; 140869/2016-6) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo: 2016/10312-8) pelo auxílio financeiro à pesquisa. Ao Centro de Computação em Engenharia e Ciências - FAPESP/Cepid (2013/08293-7). À empresa International Paper do Brasil, pela disponibilização do material genético (clones).

REFERÊNCIAS

Arena, N.; Lee, J.; Clift, R.; (2016) Life Cycle Assessment of activated carbon production from coconut shells. *J. Clean. Prod.* 125, 68e77.

Bessau, S.; Hoffmann, L.; Geoffroy P.; et al. (2007) Flavonoid Accumulation in Arabidopsis Repressed in Lignin Synthesis Affects Auxin Transport and Plant Growth. *Plant Cell Online*, v. 19, n. 1, p. 148-162.

Cavalett, O.; Norem Slettmo, S.; Cherubini, F. (2018) Energy and environmental aspects of using eucalyptus from Brazil for energy and transportation services in Europe. *Sustainability*, 10, 4068.

Carvalho, D.M.; Sevastyanova, O.; Penna, L.S.; et al. (2015) Assessment of chemical transformations in eucalyptus, sugarcane bagasse and straw during hydrothermal, dilute acid, and alkaline pretreatments. *Ind. Crops Prod.* 73, 118-126.

Chaves, M.M. (2002) How Plants Cope with Water Stress in the Field? *Photosynthesis and Growth. Annals of Botany*, v. 89, n. 7, p. 907–916.

Chen, W. et al (2004) Effects of root-applied naringenin and chalcone on the growth of annual plants. *Weed Biol Monag*, v. 238, P. 235-238.

da Silva, C.M.S; Vital,B.V.; Rodrigues, F.A.; de Almeida, E.W.; Carneiro,A.C.O.; Cândido, W.L. (2019) Hydrothermal and organic-chemical treatments of eucalyptus biomass for industrial purposes, *Bioresource Technology*, v. 289.

Deng, F.; Aoki, M.; Yogo, Y. (1998) Effect of naringenin on the monolignol biosynthesis and the growth of annual plant. *J. Weed Sci. Technol.* 43 (Suppl.), 292-293 (in Japanese).

Elyounssi, K.; Collard, F.X.; Mateke, J.-a.N.; Blin, J. (2012) Improvement of charcoal yield by two-step pyrolysis on eucalyptus wood: a thermogravimetric study. *Fuel* 96, 161e167.

Heidari, A.; Khaki, E.; Younesi, H.; Lu, R.H. (2019) Evaluation of fast and slow pyrolysis methods for bio-oil and activated carbon production from eucalyptus wastes using a life cycle assessment approach, *Journal of Cleaner Production*, v. 241.

Kumar, G.; Panda, A.K.; Singh, R.K. (2010) Optimization of process for the production of bio-oil from eucalyptus wood. *J. Fuel Chem. Technol.* 38 (2), 162e167.

Lepikson-Neto, J.; Alves, A.; Simões, R.; Deckmann, A.C.; Camargo, E.L.O.; Salazar, M.M.; Rio,

- M.C.S. do; Nascimento, L.C.; Pereira, G.A.G.; Rodrigues, J.C. (2013) Flavonoid supplementation reduces the extractive content and increases the syringyl/guaiacyl ratio in *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* hybrid trees. *Bioresources* (Raleigh, N.C), v. 8(2):1747-1757.
- Lepikson-Neto, J.; Nascimento, L.C.; Salazar, M. M.; Camargo, E.L.O.; Cairo, J.P.F.; Teixeira, P.J.P.L.; Marques, W.L.; Squina, F.M.; Mieczkowski, P.; Deckmann, A.C.; Pereira, G.A.G. (2014) Flavonoid supplementation affects the expression of genes involved in cell wall formation and lignification metabolism and increases sugar content and saccharification in the fast-growing eucalyptus hybrid *E. urophylla* x *E. grandis*. *BMC Plant Biology*, 14:301.
- Longue Júnior, D.; Colodette, J.L. (2013) Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 33, n. 76, p. 429-438.
- Martins, A.; Cardoso, A.L.; Stahl, J.A.; Diniz, J. (2007) Low temperature conversion of rice husks, eucalyptus sawdust and peach stones for the production of carbon-like adsorbent. *Bioresour Technol* 198:1095–1100.
- Peer, W.A.; Murphy, AS (2007) Flavonoids and auxin transport: modulators or regulators? *Trends in Plant Science* 12, 556–563
- Petersen, M.; Strack, D.; Matern, U. (2010) Biosynthesis of Phenylpropanoids and Related Compounds. *Annual Plant Review*, v. 40, p. 182-257.
- Pu, Y. et al., (2013) Assessing the molecular structure basis for biomass recalcitrance during dilute acid and hydrothermal pretreatments. *Biotechnology for biofuels*, v. 6, n. 1, p. 15.
- Rockwood, D. L. et al. (2008) Energy product options for Eucalyptus species grown as short rotation woody crops. *International Journal of Molecular Sciences*, 9,1361–1378.
- Salazar, M.M.; Nascimento, L.C.; Camargo, E.L.O.; Gonçalves, D.; Lepikson-Neto, J.; Marques, W.L.; Teixeira, P.J.P.L.; Mieczkowski, P.; Mondego, J.M.C.; Carazzolle, M.F.; Deckmann, A.C.; Pereira, G.A.G. (2013) Xylem transcription profiles indicate potential metabolic responses for economically relevant characteristics of Eucalyptus species. *BMC Genomics*, 14:201.
- Sarruje, J. (1975) Soluções Nutritivas. *Summa Phytopyologica*, v.1, p. 231-233.
- Suganya, S.; Senthil Kumar, P.; (2018) Evaluation of environmental aspects of brew waste-based carbon production and its disposal scenario. *J. Clean. Prod.* 202, 244e252.
- Vallejos, M.E.; Kruyeniski, J.; Area, M.C. (2017) Second-generation bioethanol from industrial wood waste of South American species. *Biofuel. Res. J.* 4 (3), 654e667.
- Voo, K.S.; Whetten, R.W.; O'Malley, D.M.; Sederoff, R.R. (1995) 4-Coumarate: coenzyme A ligase from loblolly pine xylem. Isolation, Characterization, and complementary DNA cloning. *Plant Physiol.* 108, 85–97.
- Wang, W.; Vinocur, B.; Shoseyov, O.; Altaman, A. (2004) Role of Plant Heat Shock Proteins and molecular chaperons in the abiotic stress response. *Trends in Plant Science*, v. 9, p. 244-252.
- Wickham H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- Yang, X.; Lii, D.; Mcgrouter, K.; Long, W.; Li, Y.; Chen, Y.; Lv, X.; Niazi, N.K.; Song, Z.; Wang, W. (2016) Effect of Eucalyptus forests on understory vegetation and soil quality. *International symposium on forest soils. Journal of Soils Sediments*.
- Zhou, H.; Qian, Y.; Kraslawski, A.; Yang, Q.; Yang, S. (2017) Life-cycle assessment of alternative liquid fuels production in China. *Energy* 139, 507e522.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Écio Souza Diniz - Pós-doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa – UFV (2018-presente) e pesquisador colaborador do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, vinculado ao Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Consultor em análises estatísticas e processamento de dados e diretor executivo da empresa Beta Analítica. Biólogo pelo Centro Universitário de Lavras – UNILAVRAS (2009), mestre em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras – UFLA (2013), doutor em Botânica pela Universidade Federal de Viçosa – UFV (2017). Pesquisador convidado em estágio doutoral de colaboração internacional no Institute of Landscape Ecology da University of Münster (Alemanha) e no AgroEcoSystem Research Department da University Bayreuth (Alemanha) em 2015. Tem experiência e conhecimento nas linhas de pesquisa em ecologia funcional e filogenética com foco em Florestas Neotropicais, fitossociologia, invasão biológica por plantas, fragmentação florestal, monitoramento florestal de longo-prazo (dinâmica), modelagem climática para espécies vegetais, geoprocessamento e sensoriamento remoto, modelagem estatística de dados de vegetação e análises de dados via linguagem R. Possui afinidade principalmente pela ecologia e evolução de ambientes de vegetação de Cerrado e Mata Atlântica, além de conhecimentos significativos de Campos rupestres. Atua atualmente como pesquisador conduzindo estudos e participando de projetos nas áreas citadas, revisor de periódicos científicos e fornecedor de consultorias, cursos e treinamentos em análises de dados e estatística. E-mail: eciodiniz@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3543-6571>, https://www.researchgate.net/profile/Ecio_Souza_Diniz, <http://lattes.cnpq.br/4486399846318757>, <https://betaanalitica.com.br/>

Pedro Manuel Villa - Engenheiro Agrônomo (2002), estudante de Biologia (2000-2004), Mestre em Ecologia Tropical (2007) pela Universidad de Los Andes (ULA), Doutor em Botânica (2018) pela Universidade Federal de Viçosa. Foi pesquisador associado do Instituto Nacional de Investigações Agrícolas (INIA-Mérida, 2005-2006). Foi pesquisador coordenador da área Agroflorestal do Instituto Nacional de Investigações Agrícolas (INIA-Amazonas, 2008-2014). Realizou estágio profissional (2009) no Laboratório de Plant Production Systems da Universidade de Wageningen, Holanda. Foi assessor de projetos ambientais em comunidades indígenas da Amazônia com o Fundo Mundial para o Meio Ambiente (GEF) – Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento (PNUD) (2010- 2015). Tem experiência em pesquisa na área de ecologia de comunidades e ecossistemas. Atualmente é revisor de periódicos nacionais e internacionais como Ecological Indicators, Forest Ecology and Management, Agroforestry systems, Revista de Biologia Tropical, Acta Botanica Brasílica. Atualmente é vinculado como pós-doutor do LARF – Laboratório de Restauração Florestal do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – UFV. E-mail: villautana@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4826-3187>, https://www.researchgate.net/profile/Pedro_Villa, <http://lattes.cnpq.br/2943038330953932>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abundance 3, 14, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 69, 72, 74, 75, 79, 80, 97, 110

Abundância 21, 70, 96, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 110

Análise de correlação 43

Análise multivariada 43, 45, 55

Arabidopsis thaliana 122, 123, 125, 126, 135, 136

B

Biomassa 57, 83, 99, 106, 138, 139, 140, 150, 151, 152

Bootstrapping 12, 15

C

Cana-de-açúcar 81, 138, 139, 140, 141, 142, 146, 147, 148

Cana energia 138, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 148

Caryocar brasiliense 110, 111, 121

Chalcona 151, 152, 153, 159

Chemical variability 110

Classificação de habitats 56

Cobertura vegetal 21, 44

Computational programming 1

Crescimento 12, 36, 107, 125, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162

D

Dados da vegetação 1, 2

Desmatamento 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 80

Dominance 12, 13, 14, 16, 18, 20, 21, 23, 24, 27, 97

Dominância 12, 21, 96, 98, 106, 107

Dominância de árvores 12

E

Ecologia do fogo 96

Elevação 56, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67

Estatística 2, 30, 31, 34, 38, 42, 43, 45, 53, 59, 142, 144, 145, 147, 153, 154, 155, 166

Estrutura da vegetação 21, 70, 96

Estrutura florestal 56

Ethephon 138, 139, 140, 141, 142, 143, 145, 146, 147, 148, 149

Eucalyptus 150, 151, 152, 164, 165

Evapotranspiração 82, 83, 85, 86, 89, 90, 93, 94

Expressão diferencial 122, 124, 126, 127, 128, 133, 134, 135, 152

Extrapolação com base em amostras 12

F

Fatores bióticos e abióticos 56, 57
Flavonoids 112, 113, 114, 151, 165
Floresta secundaria 12
Forest planting 70
Forest regrowing 12
Forest restoration 13, 29, 70, 79

G

Geostatistics 70, 71, 74
Gradiente ambiental 43, 53, 56

I

Importance value index 20, 27, 28
Índice de valor de importância 21, 102
Insects 110, 111, 112

K

Kriging 56, 57, 69, 73, 75

M

Modelagem matemática 139

N

Naringenina 151

P

Pacote agrewater 82, 83, 89, 90, 93
Phytosociological characterization 70
Programação computacional 2
Propriedades do solo 43, 45, 46, 53

R

R. Análise exploratória 30
Rarefação 12
Regeneração florestal 12
Regeneração natural 96, 98, 107
Resiliência 96, 98, 106, 107
R language 1, 9, 22, 28, 123

S

Safer 82, 83, 85, 86, 88, 90
Sampled-based rarefaction and extrapolation 12

Savanização de florestas 96
Second-growth forests 12, 13
Shiny 30, 31, 32, 33, 37, 42, 133
Soil attributes 44, 55, 70, 71, 74
Soil nutrients 110, 111, 112, 113, 116, 117, 118, 119, 120
Spatial variation 110, 113, 116, 117, 119, 121
Statistics 1, 8, 74, 80, 120

T

Transcriptômica de plantas 122
Tree dominance 12

V

Vegetation cover 7, 20
Vegetation data 1, 3, 8, 28
Vegetation structure 20, 21, 70

 **Atena**
Editora

2 0 2 0