

# 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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> 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](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
BIOVEG – A PROTOCOL TO LEARN AND TEACH STATISTICS IN R USING VEGETATION DATA	
Écio Souza Diniz Jan Thiele	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3552009031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>11</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3552009032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>20</b>
PHYTOSOCIOLOGY IN R: A ROUTINE TO ESTIMATE PHYTOSOCIOLOGICAL PARAMETERS	
Gustavo Heringer Pedro Manuel Villa Andreza Viana Neri	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3552009033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>30</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3552009034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>43</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3552009035</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>56</b>
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE FATORES AMBIENTAIS E ATRIBUTOS FLORESTAIS USANDO ROTINAS NO R	
Alice Cristina Rodrigues Pedro Manuel Villa Andreza Viana Neri	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3552009036</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>69</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3552009037</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>82</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3552009038</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>96</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3552009039</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>110</b>
EFFECTS OF SPATIAL SCALE ON PEQUI ENTOMOFAUNA	
Gustavo Amorim Santos Deomar Plácido da Costa Suzana da Costa Santos Pedro Henrique Ferri	
<b>DOI 10.22533/at.ed.35520090310</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>122</b>
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**

## IMPACTO DO FOGO NO BANCO DE SEMENTES DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL ALTOMONTANA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG

Data de aceite: 12/02/2020

### Júnia Maria Lousada

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Botânica  
Viçosa, MG

### Pedro Manuel Villa

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Botânica  
Viçosa, MG

### Gustavo Heringer

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Botânica  
Viçosa, MG

Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-graduação em Ecologia Aplicada  
Lavras, MG

### Sebastião Venâncio Martins

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal  
Viçosa, MG

**RESUMO:** Incêndios de origem antrópica constituem uma das principais ameaças à integridade ambiental no Quadrilátero Ferrífero (QF), região de encaves entre floresta e campo. Avaliamos o potencial de regeneração natural de uma floresta estacional após distúrbio causado pelo fogo através do monitoramento da diversidade e estrutura da vegetação representada no banco de sementes do solo

(BSS). O BSS de uma área adjacente também foi avaliado para servir como referência. Em cada área amostramos 0,5 ha para a coleta do BSS. As hipóteses estabelecidas foram: 1) O fogo reduz a diversidade de espécies do BSS e 2) O fogo provoca a redução de espécies arbóreas e a dominância de gramíneas competidoras no BSS. Nossos resultados apontaram o comprometimento da resiliência de ambas as áreas, sendo a área afetada pelo fogo, a mais crítica, com elevada abundância de herbáceas competidoras (apenas 3 espécies corresponderam a 70,20 % do total de indivíduos amostrados) e a baixa abundância de espécies e indivíduos de arbóreas (3 espécies e 2,66 % do total de indivíduos, respectivamente). Esse resultado foi corroborado pela análise de NMDS que nos mostrou menor variabilidade na composição florística entre as parcelas da área queimada, tanto para composição de espécies quanto para estrutura de indivíduos. Entre as espécies arbóreas da área queimada, apenas uma era zoocórica. A elevada presença de gramíneas competidoras contribui para potencialização de novos distúrbios pelo fogo e dificulta o processo de sucessão secundária florestal, facilitando o processo de savanização de florestas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ecologia do fogo, regeneração natural, resiliência, savanização de florestas.

## IMPACT OF FIRE ON SEED BANK OF SEASONAL SEMIDECIDUOUS ALTOMONTANA FOREST IN QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG

**ABSTRACT:** Fires of anthropic origin constitute one of the main threats to environmental integrity in the Iron Quadrangle (IQ), a region of forest-field enclaves. We evaluated the natural regeneration potential of a seasonal forest after fire disturbance by monitoring the diversity and structure of the vegetation represented in the soil seed bank (SSB). The SSB from an adjacent area has also been evaluated for reference. In each area we sampled 0.5 ha for SSB collection. The hypotheses established were: 1) Fire reduces species diversity of SSB and 2) Fire causes reduction of tree species and dominance of competing grasses in SSB. Our results pointed to the resilience compromise of both areas, being the most critical area affected by fire, with high abundance of competing herbaceous (only 3 species corresponded to 70.20% of the total sampled individuals) and the low abundance of tree species and individuals (3 species and 2.66% of the total individuals, respectively). This result was corroborated by the NMDS analysis that showed us less variability in floristic composition between the plots of the burned area, both for species composition and for individual structure. Among the tree species in the burned area, only one was zoochoric. The high presence of competing grasses contributes to the potentialization of new disturbances by fire and hinders the process of secondary forest succession, facilitating the process of forest savannization.

**KEYWORDS:** Fire ecology, natural regeneration, resilience, forest savannization.

### 1 | INTRODUÇÃO

Incêndios de origem antrópica constituem uma das principais ameaças à integridade ambiental no Quadrilátero Ferrífero (QF), região de destaque econômico e ambiental no Brasil. Situado na porção sul da Cadeia do Espinhaço, em Minas Gerais, o QF constitui divisor entre os domínios da Mata Atlântica e do Cerrado, (MINAS GERAIS, 2009), apresentando vários encaves vegetacionais entre floresta e campo.

O fogo é uma das principais forças evolutivas que influencia a distribuição, diversidade e estrutura das comunidades vegetais em diferentes tipos de ecossistemas (BOND & KEELEY, 2005; HARDESTY *et al.*, 2005). Por este motivo, compreender como atuam os controladores ambientais de florestas tropicais e das savanas é questão fundamental para lidar com as mudanças futuras na distribuição desses ecossistemas (MURPHY & BOWMAN, 2012). As savanas são ecossistemas que coevoluíram com o fogo e apresentam adaptações que conferem diferentes mecanismos de resistência. Pelo contrario, as florestas tropicais são ambientes sensíveis ao fogo, apresentando pouca ou nenhuma adaptação (HARDESTY *et al.*, 2005).

O solo é uma fonte importante de sementes viáveis que se relaciona

diretamente ao estabelecimento de populações de plantas, de grupos ecológicos, à manutenção da diversidade de espécies e à regeneração natural após distúrbios naturais e antrópicos (HARPER, 1977), sendo um dos mecanismos de regeneração pós-fogo. A composição e estrutura de espécies em um banco de sementes do solo, permitem avaliar, pelo método de germinação, a densidade e riqueza de espécies arbustivo-arbóreas verificando se há comprometimento da resiliência em um ambiente florestal (MARTINS *et al.*, 2012). A síndrome de dispersão mais frequente em florestas tropicais é a zoocórica, com ocorrência mínima de 50% (HOWE & SMALLWOOD, 1982). Em áreas de fogo frequente algumas plantas lenhosas reduzem severamente sua produção de sementes, alterando o banco de sementes populacional. Nestas condições, ocorre aumento de gramíneas e de seu banco de sementes, o que representa um filtro biótico para o estabelecimento de espécies lenhosas (HENRIQUES, 2005).

O fogo frequente diminui a altura da vegetação, altera a composição de espécies, sobretudo de lenhosas sensíveis ao fogo, favorece as arbustivas em detrimento das arbóreas e provoca elevada mortalidade de plântulas e de rebrotas vegetativas (BOND & KEELEY, 2005; HENRIQUES, 2005). Algumas espécies arbóreas do Cerrado apresentam adaptações de casca para resistir ao fogo, mas não apresentam adaptações para seus frutos, comprometendo a reprodução sexual (MIRANDA *et al.*, 2002). Desta forma, o fogo pode promover alterações na composição e estrutura das espécies e influenciar a dinâmica de distribuição de florestas e savanas.

Em nossa pesquisa avaliamos duas áreas de Floresta Estacional Semidecidual (FES) inseridas em contexto de distúrbios antigos e atuais, causados por fogo, em um mosaico entre floresta, campo gramíneo, campo rupestre e cerrado. Nossas hipóteses lançadas foram: 1) O fogo reduz a diversidade de espécies do BSS e 2) O fogo provoca redução de arbóreas e a dominância de gramíneas competidoras.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

Realizamos a pesquisa no Monumento Natural Estadual Itatiaia (MNEI), localizada nos municípios de Ouro Preto e Ouro Branco, região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais (Figura 1). O MNEI possui área total de 3.216 ha, o clima local é o tropical de altitude (Cwb mesotérmico, classificação de Koeppen).

A temperatura anual média é de 20,7°C e a precipitação média anual é de 1.188,2 mm (MINAS GERAIS, 2009). O relevo é declivoso, com altitudes variando entre 800 e 1400 m. As principais classes de solos encontradas são os Cambissolos, Neossolos litólicos e Latossolos vermelho amarelo. Apresenta uma rica hidrografia

pertencente a duas importantes bacias, a do Rio São Francisco e do Rio Doce, sendo importante fonte de abastecimento da região. A vegetação é composta por um mosaico vegetacional de Floresta Estacional Semidecidual, Campo Rupestre e Cerrado (MINAS GERAIS, 2009).

## 2.2 Coleta dos dados

Amostramos duas áreas de Floresta Estacional Semidecidual Altomontana (FES) localizadas em área de encrave entre FES e Campo gramíneo. Uma foi a área queimada em outubro de 2014, onde o incêndio comprometeu grande parte do dossel do fragmento amostrado, com morte de vários indivíduos arbóreos e total consumo da biomassa arbustiva e herbácea. E a outra área não apresenta sinais de queima recente e será utilizada como ecossistema de referência (Figura 1). Essa área encontram-se em estágio inicial de sucessão secundária florestal (conforme Resolução nº 392 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, de 25 de junho de 2007), com presença de dossel irregular, sub-bosque, presença de fina camada de serapilheira, gramíneas e lianas em alguns pontos. Ambas as áreas fazem parte de um grande fragmento florestal (aproximadamente 1.500 ha) e apresentam características semelhantes de estrutura arbórea, declividade e localização, situadas na borda do fragmento, distando 500 m uma da outra. Em outubro de 2014, fizemos o campo de coleta do banco de sementes do solo (BSS) da área afetada pelo fogo e em abril de 2015 coletamos o BSS da área referência.

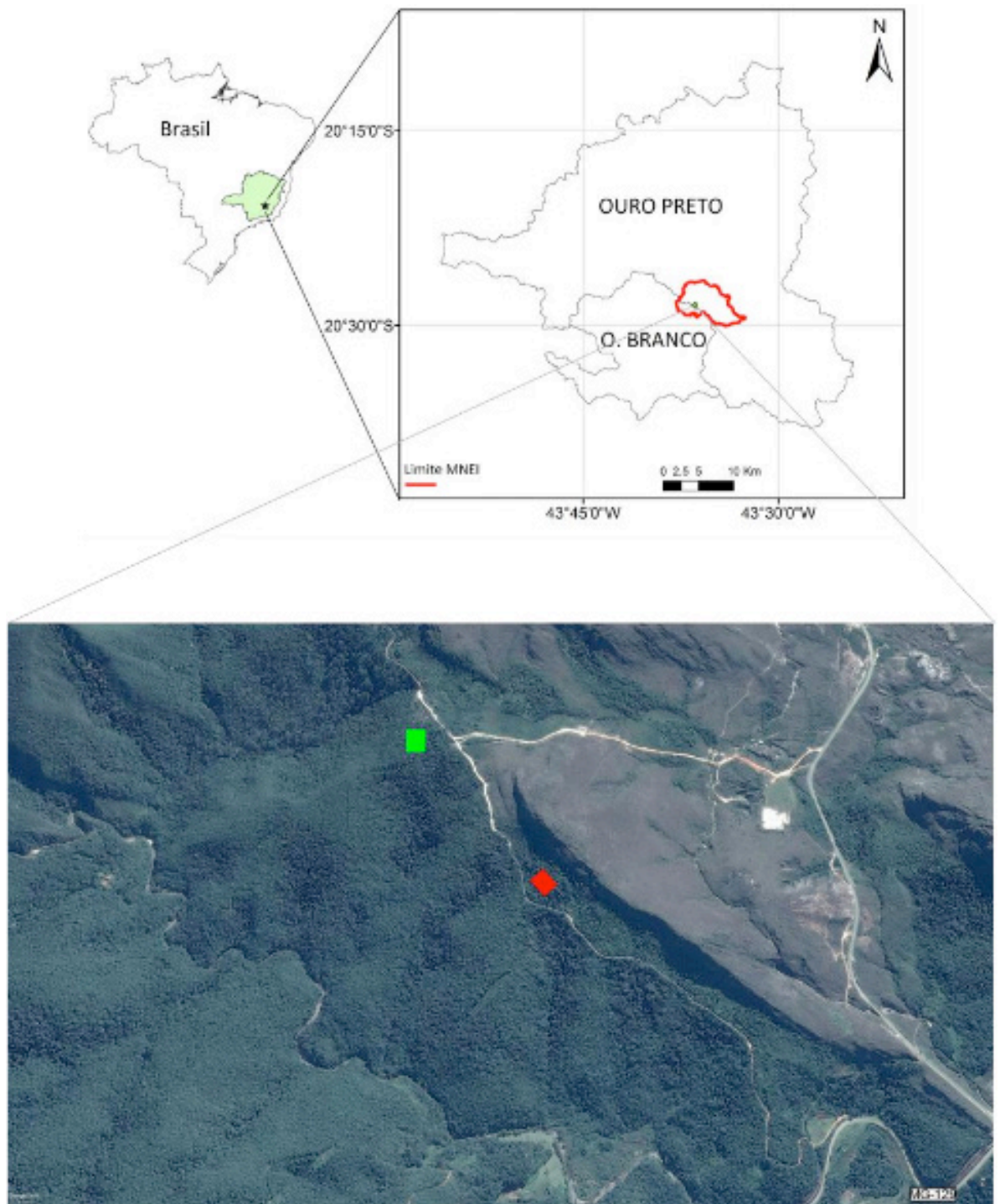


Figura 1. Limite do Monumento Natural Estadual do Itatiaia (MNEI) (em vermelho no mapa) situado nos municípios de Ouro Preto e Ouro Branco, Minas Gerais, Brasil. Imagem satélite com a localização das áreas amostradas, área referência (verde) e área queimada (vermelho). Destaque para o encrave vegetacional entre Floresta Estacional Semidecidual AltoMontana e Campo Rupestre. Mapa: Júnia M. Lousada. Imagem: Google Earth.

Em ambas as áreas amostramos 0,5 ha representado por 25 parcelas de 10 x 10 m, de forma sistemática. No centro de cada parcela lançamos uma moldura de madeira de 40 cm x 30 cm x 5 cm (0,006 cm<sup>3</sup>) para a coleta do BSS.

Levamos as amostras de solo para o viveiro da Universidade Federal de Viçosa, na casa de sombra com tela de 50% de sombreamento e irrigação diária. A identificação e quantificação das plântulas foi realizada quinzenalmente durante um

ano.

Classificamos as espécies dentro de três grupos ecológicos; forma de vida, dispersão de sementes e indicadores do estágio de regeneração. Para formas de vida consultamos o Herbário Virtual Re flora (arbóreas, arbustivas, ervas e lianas), para síndromes de dispersão seguimos Van der Pijl (1982) (anemocoria, zoocoria e autocoria) e para indicadores do estágio de regeneração, classificamos apenas as espécies arbóreas, conforme Gandolfi *et al.* (1995) (pioneira, secundária inicial e secundária tardia).

## 2.3 Análise dos dados

Todas as análises foram realizadas no programa R, versão 3.3.3, e os códigos da rotina analítica empregada estão disponíveis no Research Gate e pode ser baixada no link: [doi.org/10.13140/RG.2.2.31564.97920](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31564.97920)

Calculamos os parâmetros fitossociológicos de cada espécie para ambas as áreas (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974). Utilizamos os índices de Diversidade de Shannon ( $H'$ ), o qual considera igual peso entre as espécies raras e abundantes (MAGURRAN, 2004) e o índice de equabilidade de Pielou ( $J'$ ), derivado do índice de diversidade de Shannon que permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes (PIELOU, 1966).

Para comparação dos valores médios de riqueza, abundância e diversidade de espécie das parcelas entre as duas áreas independentes utilizamos o teste *t*. Os pressupostos de distribuição normal e homogeneidade das variâncias foram verificados usando o testes Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Para riqueza obtivemos distribuição normal e homogeneidade das variâncias, para abundância obtivemos a distribuição normal (dados logaritmizados) e heterogeneidade das variâncias e para diversidade distribuição normal e heterogeneidade das variâncias.

Para comparar a relação de riqueza, abundância e equitabilidade das duas áreas, construímos um gráfico de rank-abundância para complementar as interpretações sobre distribuição de composição de espécies e número de indivíduos.

Avaliamos a similaridade da composição de espécies e da estrutura de indivíduos entre os BSS das duas áreas, utilizando o Escalonamento Multidimensional Não-métrico (NMDS). Para as duas análises consideramos, respectivamente, a matriz de presença e ausência de espécies e o Índice de Jaccard como medida de similaridade florística e a matriz de abundâncias dos indivíduos e o Bray Curtis como índice de similaridade.

### 3 | RESULTADOS

A lista de espécies e a tabela dos parâmetros fitossociológicos estão disponíveis para consulta no Research Gate e pode ser baixada no link: [doi.org/10.13140/RG.2.2.23176.37124](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23176.37124)

Contabilizamos na área queimada 1.127 plântulas do BSS, distribuídas em 11 famílias, 16 gêneros e 26 espécies. Na área referência foram 683 plântulas do BSS, distribuídas em nove famílias, 11 gêneros e 27 espécies.

A densidade da área queimada foi de 375,6 indivíduos / m<sup>2</sup> e na área referência foi de 227,6 indivíduos / m<sup>2</sup>. Na a área queimada quatro espécies correspondem à 82,07 % de todos indivíduos, sendo três espécies de ervas e uma arbustiva. Suas respectivas densidades foram, *Scoparia dulcis* (129 indivíduos / m<sup>2</sup>), *Cyperus aggregatus* (85,3 indivíduos / m<sup>2</sup>), *Brachiaria plantaginea* (60,6 indivíduos / m<sup>2</sup>) e a arbustiva *Phytolacca thyrsoiflora* (33,33 indivíduos / m<sup>2</sup>). Na área referência as espécies que apresentaram maiores valores de densidade foram as ervas *S. dulcis* (129 indivíduos / m<sup>2</sup>) e Poaceae 3 (16 indivíduos / m<sup>2</sup>) e as arbustivas Indeterminada 3 (13,33 indivíduos / m<sup>2</sup>) e *Leandra* 2 (13 indivíduos / m<sup>2</sup>), correspondendo a 75,25 % de todos indivíduos.

Na área queimada as espécies com maiores Índice de Valor de Importância (IVI) foram *S. dulcis*, *C. aggregatus* e *B. plantaginea* e na área referência foram *S. dulcis*, Poaceae 3 e *Leandra* 2.

Os índices de diversidade de Shannon e de equabilidade de Pielou, respectivamente, foram  $H' = 1,973$  e  $J' = 0,605$  para a área queimada e  $H' = 1,825$  e  $J' = 0,598$  para a área referência.

Os valores médios de riqueza de espécies, abundância de indivíduos e diversidade de espécies das parcelas foram maiores na área queimada em relação aos da área referência (Figura 2).



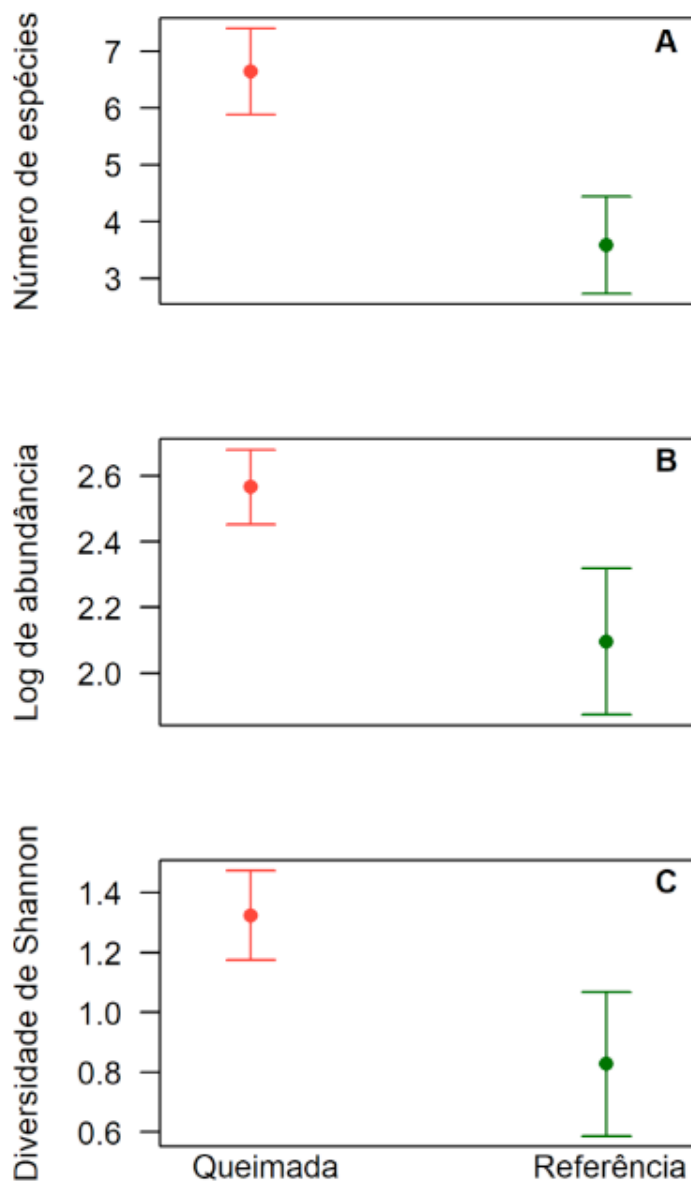


Figura 2. Valores médios para riqueza de espécies, abundância de indivíduos e diversidade de espécies das parcelas amostradas nas áreas queimada (vermelho) e referência (verde) no MNEI.

Nos gráficos de rank-abundância vimos que a área queimada possui maior abundância de indivíduos, porém a área referência apresenta maior equabilidade, apresentando menor variação na distribuição das abundâncias entre as espécies, comparada à área queimada (Figura 3).

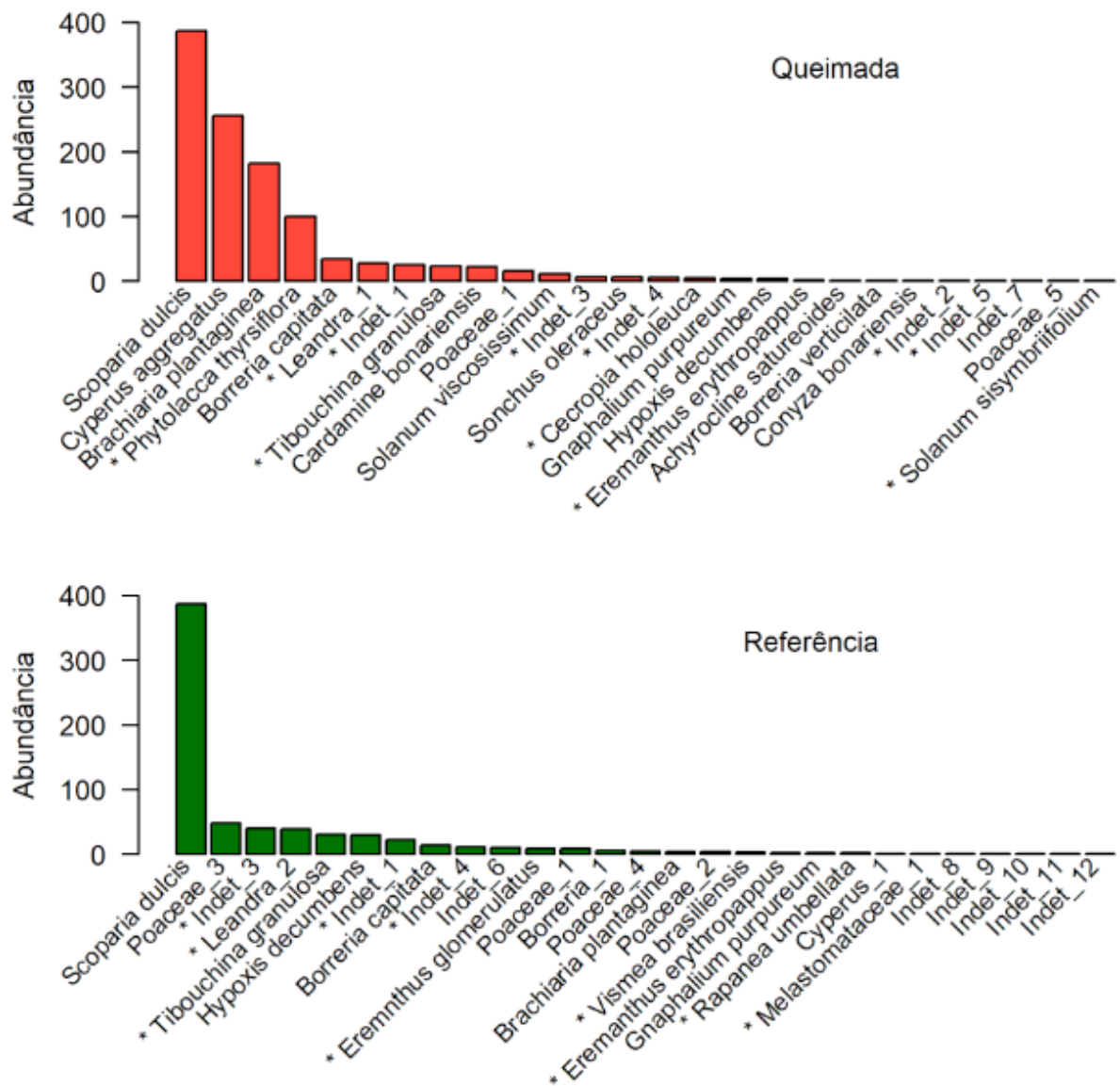


Figura 3. Gráfico de Rank-abundância para as áreas queimada (vermelho) e referência (verde) no MNEI.

Na análise de NMDS (Figura 4) vimos a separação dos ambientes área queimada e área referência, tanto para os dados de composição (riqueza) quanto para os de estrutura (abundância), com os valores de stress 0,125 e 0,135, respectivamente. Percebemos que a área referência apresenta maior variabilidade na composição de espécies e na estrutura dos indivíduos, em relação a área queimada. Os vetores arbustiva ( $p = 0,008$ ) e erva ( $p = 0,016$ ) tiveram influência significativa na composição e o vetor erva ( $p = 0,016$ ) teve influência significativa na estrutura.

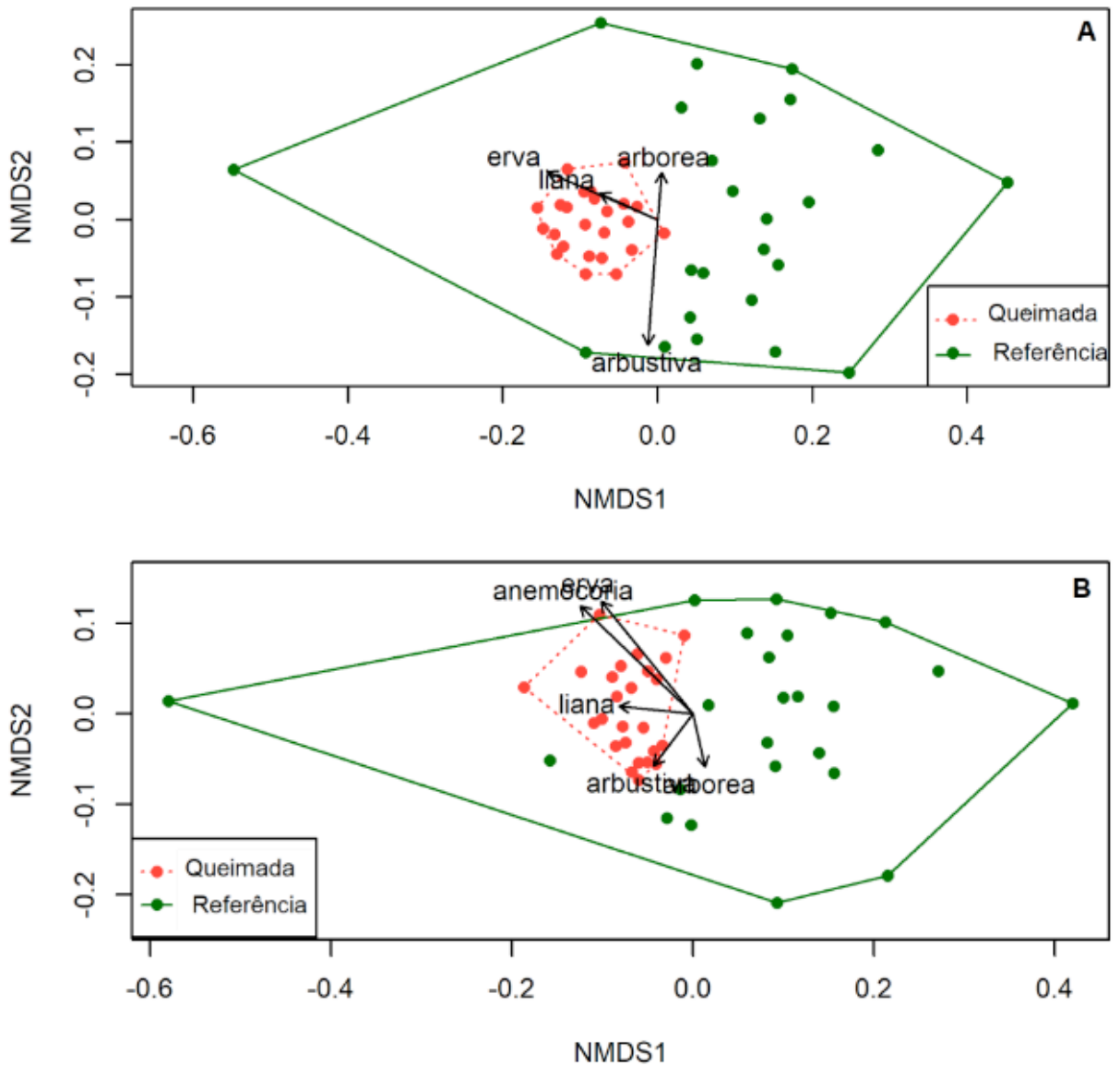


Figura 4. Similaridade para riqueza de espécies (A) e abundância de indivíduos (B) entre as áreas queimada (vermelho) e referência (verde) no MNEI.

Em relação as formas de vida, na área queimada, encontramos três espécies arbóreas (30 indivíduos), sete espécies arbustivas (168 indivíduos), 13 espécies de ervas (916 indivíduos) e uma espécie de liana. Na área referência encontramos cinco espécies arbóreas (47 indivíduos), cinco espécies arbustivas (113 indivíduos) e 13 espécies (521 indivíduos) de ervas.

Para a síndrome de dispersão encontramos na área queimada cinco espécies zoocóricas (134 indivíduos) e 15 espécies anemocóricas (941 indivíduos) e na área referência foram quatro espécies zoocóricas (45 indivíduos) e 14 espécies anemocóricas (552 indivíduos). Quanto as indicadoras do estágio de regeneração, na área queimada as três espécies arbóreas são pioneiras (30 indivíduos) e na área referência três espécies arbóreas são pioneiras (42 indivíduos) e duas espécies arbóreas são secundárias iniciais (5 indivíduos).

## 4 | DISCUSSÃO

Apesar da severidade do fogo, observamos que as áreas queimada e referência apresentaram valores similares de riqueza (26 e 27 espécies, respectivamente). Esses valores são inferiores aos encontrados por Melo & Duringan, (2007), 26 e 40 espécies respectivamente, e por Camargos *et al.* (2013), 15 e 16 espécies, respectivamente. Em nosso estudo a densidade de indivíduos foi maior na área queimada do que na área referência, oposto do encontrado nos dois estudos referidos acima. A maior densidade na área queimada foi devido à dominância de três espécies herbáceas competidoras (*S. dulcis*, *B. plantaginea* e *C. aggregatus*) e da arbustiva *P. americana* que corresponderam a 82,07 % dos indivíduos totais. Na área referência *S. dulcis* também esteve presente e em elevada densidade. A presença de herbáceas invasoras podem reduzir o avanço da trajetória sucessional sendo um filtro biótico que limita o estabelecimento de outras espécies, além de contribuir para potencialização de novos distúrbios pelo fogo devido à alta flamabilidade da biomassa de herbáceas (HOLL & AIDE, 2011).

Embora ambas as áreas avaliadas estejam inseridas em um grande contínuo florestal, que é fonte de sementes e animais dispersores, a paisagem é vulnerável à incidência do fogo devido aos encraves entre floresta e campo. BOND & KEELEY (2005) realizaram um estudo comparando o fogo como consumidor da vegetação análogo aos herbívoros, e assim, sendo uma força evolutiva significativa na estruturação e distribuição dos ecossistemas. De acordo com esses autores um único evento de fogo pode levar a redução de 1 a 2/3 na riqueza de espécies arbóreas e dependendo da frequência das queimadas promovem a substituição dessas por espécies herbáceas, processo conhecido como savanização das florestas.

Comparando ambas as áreas queimada e referência vimos que a área queimada apresentou valores médios de riqueza florística, densidade de indivíduos e Índice de diversidade de Shannon por parcela, maiores que a área referência. Esses resultados isoladamente nos levam a interpretação de que área queimada apresenta maior resiliência em relação a referência. Porém, esse resultado é devido a elevada densidade das quatro espécies invasoras dominantes (três herbáceas e uma arbustiva) da área queimada, mencionadas acima. A análise de NMDS também corrobora essa explicação ao mostrar que área queimada apresenta menor variabilidade, tanto para a composição de espécies quanto para a estrutura de indivíduos por parcela.

Em nossos resultados ambas as áreas não diferiram muito em relação a composição dos grupos ecológicos. Quanto a forma de vida tivemos maior riqueza e abundância para ervas, arbustivas e arbóreas, respectivamente. Áreas em que o uso da terra para pecuária e/ou queimada ocorre há vários anos tem o banco

de sementes severamente comprometido na composição de espécies arbóreas (CHAZDON, 2012).

A síndrome de dispersão mais abundante foi a anemocoria em ambas as áreas. Comparando a zoocoria entre as duas áreas percebemos que a elevada abundância da área queimada foi devido aos 100 indivíduos da espécie arbustiva invasora *P. americana*. Baixas taxas de espécies zoocóricas em florestas sugerem a perturbação desses ambientes (PENHALBER & MANTOVANI, 19970). Espécies arbóreas e zoocóricas, como *Trema micranta* e *Cecropia* sp., importantes na regeneração de clareiras e distúrbios antrópicos (BRAGA *et al.*, 2016) não foram encontradas na área referência e apenas um indivíduo de *C. hololeuca* esteve presente na área queimada.

Quanto a classificação das arbóreas indicadoras do estágio de regeneração natural encontramos a dominância de espécies e indivíduos pioneiros, com apenas duas espécies secundárias iniciais (cinco indivíduos) ocorrentes na área referência. Em ambas as áreas a avaliação da composição, estrutura e diversidade do banco de sementes mostrou um comprometimento da resiliência atual dessas áreas, sobretudo a área afetada pelo fogo, que apresentou elevada densidade de espécies herbáceas invasoras. Os gráficos de rank-abundância para cada área ilustraram essas relações de riqueza, abundância e uniformidade. Como as espécies tem estratégias de crescimento diferentes, tais mudanças ambientais locais também levam à mudanças na composição de espécies ao longo do tempo. Por tanto, entender como a sucessão funciona é crucial para melhorar as práticas de restauração de florestas e para selecionar as espécies mais adequadas a serem plantadas (ROZENDAAL *et al.*, 2019; POORTER *et al.*, 2019).

## 5 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A ocorrência de fogo frequente na vegetação florestal tende, com o tempo, a levar a um empobrecimento de espécies arbóreas no banco de sementes do solo e gerar um modelo de savanização, com aumento das áreas de campo e redução das áreas florestais. Por se tratarem de áreas inseridas em uma UC, técnicas de restauração ecológica que aliem a eficácia e baixos custos são indicadas por se enquadrarem melhor dentro dos orçamentos públicos. A técnica de plantio de mudas arbóreas, em pequenos núcleos de diversidade, espalhados pela área, pode acelerar o processo de regeneração natural, promovendo o sombreamento ao redor dos núcleos, o que inibe a competição das gramíneas e facilita a entrada de outras espécies tolerantes a sombra (MARTINS, 2013). Indicamos o plantio de arbóreas zoocóricas para atrair a fauna dispersora de sementes e potencializar o processo

de formação do banco de sementes e o plantio de espécies pioneiras, secundárias iniciais e tardias, para promover a substituição de espécies no processo de sucessão ecológica.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão da bolsa durante os quatro anos de pesquisa. Ao Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais, órgão gestor das duas UCs nas quais pesquisamos (MNEI e PESOB). Agradecemos toda a disponibilidade de informações e logística em campo. Aos estudantes de pós-graduação do Laboratório de Restauração Florestal da UFV, Camila Bauchspiess e Lucas Siqueira Cardinelli e aos estagiários Leonardo Guimarães Ziccardi e Tales Thomaz Veloso, pelo auxílio em campo nas coletas do banco de sementes.

## REFERÊNCIAS

BOND, W. J.; KEELEY, J. E. **Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems.** Trends in Ecology and Evolution, v. 20, n. 7, p. 387-394, 2005.

BRAGA, A. J. T.; BORGES, E. E. L.; MARTINS, S. V. **Seed bank in two sites of semideciduous seasonal forest in Viçosa, Minas Gerais.** Revista Árvore, v. 40, n. 3, p. 415-425, 2016.

CAMARGOS, V. L.; MARTINS, S. V.; RIBEIRO, G. A.; CARMO, F. M. S.; SILVA, A. F. **Influência do fogo no banco de sementes do solo em floresta estacional semidecidual.** Ciência Florestal, v.23, n. 1, p. 19-28, 2013.

CHAZDON, R. **Regeneração de florestas tropicais.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. **Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecidual no município de Guarulhos, SP.** Revista brasileira de biologia, v. 55, n. 4, p.753-767, 1995.

HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. **Fire, ecosystems and people: A preliminary assessment of fire as a global conservation issue.** Fire Management, v. 22, n. 4, p. 78-87, 2005.

HARPER, J. L. **Population biology of plants.** London: Academic Press, 1977. 892 p.

HENRIQUES, R. P. B. **Influência da história, solo e fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias do bioma Cerrado.** In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. Brasília: MMA, 2005. p. 73-92.

HERBÁRIO VIRTUAL REFLORA - **Flora do Brasil 2020 em construção.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 20 ago. 2017.

HOLL, K. D.; AIDE, T. M. **When and where to actively to restore ecosystems?** Forest Ecology and Management, v. 261, p. 1558-1563, 2011.

HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. **Ecology of seed dispersal.** Annual Review of Ecology and Systematics, v. 13, n. 1, p. 201-228, 1982.

- MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Science, 2004. 256p.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2013.
- MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; CALEGARI, L. In: MARTINS, S. V. **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. 3. ed. Viçosa: UFV, 202. p. 21-52.
- MELO, A. C. G.; DURINGAN, G.; GORENSTEIN, M. R. **Efeito do fogo sobre o banco de sementes em faixa de borda de Floresta Estacional Semidecidual, SP, Brasil**. Acta Botanica Brasilica, v. 21, n. 4, p. 927-934, 2007.
- MINAS GERAIS. **Nota técnica para criação do Parque Estadual Serra do Ouro Branco e Monumento Natural Estadual de Itatiaia**. Instituto Estadual de Florestas, Governo de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2009.
- MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C. **The fire factor**. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. *The cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York: Columbia University Press, 2002. p. 51-68.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley; Sons, 1974.
- PENHALBER, E. F.; MANTOVANI, W. **Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo, SP**. Revista Brasileira de Botânica, v. 20, p. 205–220, 1997.
- PIELOU, E. C. **The measurement of diversity in different types of biological collections**. Journal of Theoretical Biology, v. 13, p. 131 – 44, 1966.
- POORTER, L.; ROZENDAAL, D. M.; BONGERS, F.; et al. **Wet and dry tropical forests show opposite successional pathways in wood density but converge over time**. Nature Ecology and Evolution, v. 3, p. 928-934, 2019.
- ROZENDAAL, D. M. A.; BONGERS, F.; AIDE, T. M.; ALVAREZ-DÁVILA, E.; et al. **Biodiversity recovery of Neotropical secondary forests**. Science Advances, v. 5, n. 3, p. 1-10, 2019.
- VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. 3. ed. Berlim: Springer-Verlag, 1982.

## 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**