



Efeito de borda sobre atributos funcionais das árvores num remanescente de restinga, Rio de Janeiro

Felipe Zuñe^{1,2} , Eliza Christina do Nascimento Melo¹ , Rosana Conrado Lopes^{1,3*} 

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Pós-graduação em Ciências Biológicas, São Cristóvão, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

²Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Departamento Académico de Botánica, Ciudad Universitaria, Calle Juan XXIII, 391, Lambayeque, Lambayeque, Perú

³Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica, Ilha do Fundão, CEP 21941-590, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

*Autor correspondente:
rclopespecial@gmail.com

Termos para indexação:

Densidade da madeira
Floresta Atlântica
Habitats

Index terms:

Wood density
Atlantic Forest
Habitats

Histórico do artigo:

Recebido em 20/02/2020
Aprovado em 03/09/2021
Publicado em 29/04/2022

Resumo - Objetivou-se avaliar o efeito de borda com base nas diferenças dos atributos funcionais das árvores (densidade da madeira, diâmetro e altura) na restinga de Grumari, RJ, região de Floresta Atlântica. Em campo, delimitaram-se duas bordas: Banco Halles e Lagoa Feia. Em cada borda foram selecionadas árvores com diâmetro ≥ 10 cm. Registrou-se o diâmetro e a altura de cada árvore, sendo também coletadas amostras de madeira. A densidade da madeira foi obtida pelo método de imersão. Os testes t de Student e Wilcoxon foram utilizados na análise dos atributos funcionais para verificação de diferenças entre bordas. A correlação de Pearson foi aplicada para constatar relações entre os atributos. Adicionalmente, estimou-se a biomassa das árvores e comparou-se a média entre bordas. Foi observado que apenas a altura apresentou diferenças significativas entre bordas ($t = 2,55$; $p = 0,02$). Os atributos funcionais não apresentaram relações significativas entre si e a borda Banco Halles apresentou maior estoque médio de biomassa ($126,48 \pm 71,14$ kg) do que Lagoa Feia ($71,5 \pm 40,67$ kg). Este estudo sugere que o efeito de borda poderia estar influenciando a variação dos atributos funcionais em um mesmo remanescente com diferentes históricos de distúrbio e ocupação.

Edge effect on functional traits of trees in a restinga remnant, Rio de Janeiro

Abstract - This study aimed to evaluate the edge effect based on the differences in tree functional traits (wood density, diameter, and height) on the edges of the Grumari restinga, Atlantic Forest, Rio de Janeiro State, Brazil. In the field, two edges were delimited: Banco Halles and Lagoa Feia. On each edge we selected trees with diameter ≥ 10 cm. Diameter and height were recorded for each tree and wood samples were collected. Wood density was obtained through the immersion method. To verify differences between edges through functional traits, t Student and Wilcoxon tests were applied. Pearson's correlation was applied to verify relations between attributes. Additionally, tree aboveground biomass was estimated and the average between edges was compared. Only tree height showed local differences between edges ($t = 2.55$; $p = 0.02$). It was observed that the functional traits did not show a significant relation among each other. The Banco Halles presented bigger average stock of biomass (126.48 ± 71.14 kg) than Lagoa Feia (71.5 ± 40.67 kg). This study suggests that the variation of the functional traits can be affected by edge effects, even in edges of the same remnant with different disturbance and occupation histories.



Introdução

As bordas florestais desempenham um importante papel no equilíbrio ecossistêmico, tendo recebido notória atenção em estudos ecológicos nos últimos anos (Ries et al., 2004; Laurance et al., 2011; Magnago et al., 2017). No entanto, as bordas são originadas principalmente pela fragmentação de hábitat (Murcia, 1995) que, por sua vez, divide a matriz florestal em remanescentes, altera as condições microclimáticas das bordas (efeito de borda) e causa a redução da biodiversidade (Laurance et al., 2018). Entre os mais distintos parâmetros relacionados aos efeitos de borda, a luminosidade, o vento, a temperatura e a umidade são os mais relevantes (Laurance et al., 2006). Contudo, como as bordas são dinâmicas no espaço-tempo, é essencial entender como as populações de borda se comportam em diferentes gradientes ambientais (Laurance et al., 2002).

Um dos biomas de floresta úmida com grande biodiversidade, e ao mesmo tempo fortemente ameaçado, é a Floresta Atlântica brasileira (Tabarelli et al., 2010). Embora considerada um *hotspot* prioritário para conservação (Myers et al., 2000), grande parte de seus remanescentes vêm sendo afetados por distúrbios antrópicos (Rezende et al., 2018). Estima-se que cerca de 72% da população brasileira reside neste bioma, o que contribui consideravelmente para a diminuição da cobertura vegetal (SOS Mata Atlântica, 2020). Como consequência, há um grande processo histórico de devastação, refletido na expansão agropecuária e no desenvolvimento desordenado de atividades antrópicas, com início no litoral e dirigindo-se ao interior do país (Cunha, 2005).

Um dos primeiros ecossistemas litorâneos a ter contato com a ação antrópica é a restinga. As restingas são áreas de planícies arenosas associadas à Floresta Atlântica, caracterizadas por uma vegetação adaptada ao solo pouco desenvolvido e que sofre constante influência salina (Brasil, 1999). Apesar de apresentarem muitas espécies endêmicas (Scarano, 2002), este ecossistema sofre continuamente com a especulação imobiliária, construções de autovias e extração predatória do componente arbóreo (Rocha et al., 2007). Isso compromete o desenvolvimento das populações arbóreas de borda e, portanto, suas chances de sobrevivência (Chazdon et al., 2010).

O desenvolvimento e a sobrevivência das árvores estão diretamente relacionados aos seus atributos funcionais

(Violle et al., 2007). Tais atributos, como a densidade da madeira, o diâmetro e a altura, estão fortemente ligados ao crescimento, biomassa e resiliência arbórea (Chave et al., 2014). Em geral, árvores de bordas, comparadas com árvores do interior florestal, apresentam menor densidade da madeira, menores diâmetros e menor estatura (Laurance et al., 2002; Magnago et al., 2014; Berenguer et al., 2018). Os atributos funcionais têm um importante papel nos processos ecológicos (Cadotte et al., 2015). A densidade da madeira, por exemplo, é crucial para compreender a adaptação das árvores em épocas de seca (Lohbeck et al., 2013). De igual forma, o diâmetro e a altura são fundamentais para se entender a dinâmica florestal (Rodrigues et al., 2016). No entanto, a falta de estudos da variação desses atributos funcionais em restingas, ainda é um desafio (Inague et al., 2021).

Portanto, considerando que: 1) o uso e ocupação dos ecossistemas litorâneos fragmentam habitats e criam bordas (Laurance et al., 2002); 2) os atributos funcionais são essenciais para se compreender os processos ecológicos (Violle et al., 2007); e 3) ainda existe uma grande lacuna de estudos de efeitos de bordas em atributos funcionais em restingas (Inague et al., 2021), o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de borda com base nas diferenças dos atributos funcionais das árvores (densidade da madeira, diâmetro e altura) em duas bordas de uma restinga em Grumari, RJ.

Material e métodos

Este estudo foi desenvolvido na restinga de Grumari (23°02'46.5" S; 43°31'45.8" W) (Figura 1), localizada entre os bairros Barra de Guaratiba e Recreio dos Bandeirantes, no município do Rio de Janeiro, RJ. A restinga possui uma área total de 140 ha (Rocha et al., 2007). É caracterizada por uma vegetação arbustiva fechada, que cresce em direção ao continente. A área de estudo é um dos poucos locais ainda bem preservados da cidade (Argôlo, 2001), contribuindo para a preservação de espécies em nível regional (Argôlo, 2001, Couto et al., 2017; Calazans et al., 2018). Argôlo (2001) indicou a ocorrência no local de seis tipos de formações vegetais (halófila, psamófila reptante, pós praia, formação arbustiva aberta, formação arbustiva fechada e floresta de restinga). Também existem áreas úmidas que integram a Lagoa Feia e o Rio do Mundo (Moreira et al., 2014). A área de estudo apresenta precipitações totais anuais com média de 1.550 mm e com temperatura média anual de 23,6 °C (PMRJ, 2012).

No contexto histórico, é conhecido que na década de 1960, quase toda a restinga de Grumari era de domínio privado (Guerra, 2005), dando abertura de compra de grandes lotes ao então Banco Halles para construção do condomínio Grumari. O projeto, porém, foi interrompido devido à falência do próprio banco (Pereira, 2012). Em 1986, o bairro Grumari foi decretado Área de Preservação Ambiental (APA) pela Lei Municipal 944 (Rio de Janeiro, 1986). Finalmente, em 2001, foram estabelecidos os limites do Parque Natural Municipal de Grumari, tendo como objetivo a proteção dos remanescentes de Floresta Atlântica (PMRJ, 2012).

Em janeiro de 2020, estabeleceram-se dois pontos em duas bordas na restinga de Grumari (Figura 1). Os pontos, com disposição paralelos-opostos e distanciados a 1,4 km um do outro, foram chamados de ‘Banco Halles’ e ‘Lagoa Feia’, isto devido ao contexto histórico-social da área de estudo. Devido à alta densidade do componente herbáceo-arbustivo, e baixa densidade do componente arbóreo nas restingas brasileiras (Araujo, 2000), considerou-se selecionar, assistematicamente em cada ponto, dez árvores (entre 2 e 5 m das bordas) com diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) ≥ 10 cm.

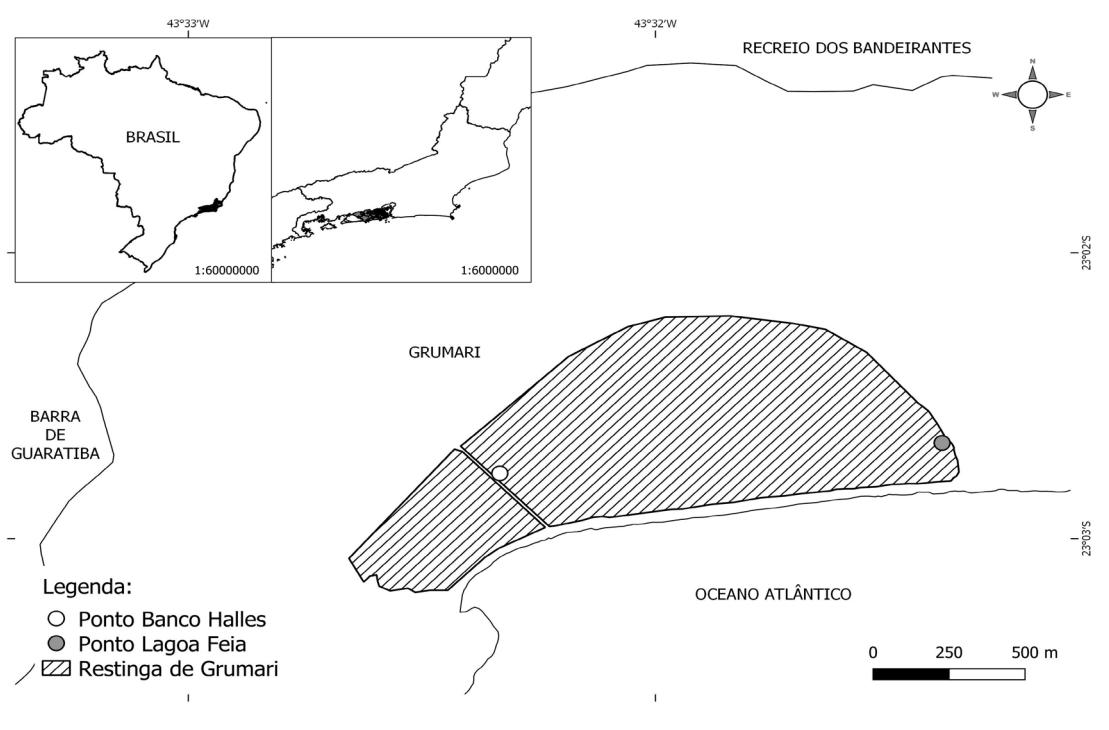


Figura 1. Mapa da área de estudo e pontos selecionados nas bordas da restinga de Grumari.

Figure 1. Map of the study area and selected points at the edges of the Grumari *restinga*.

Para cada árvore, foram registrados o DAP e a altura, estimada a partir do comprimento de uma tesoura de poda alta. Adicionalmente, foram coletadas amostras lenhosas, para posterior cálculo da densidade da madeira e biomassa. As amostras foram coletadas seguindo o protocolo proposto por Chave (2006),

onde foram tomadas seções do xilema, com ajuda de uma barra de incremento (Haglöf Sweden®, 500 mm, Suíça). O processamento das amostras lenhosas se deu no Laboratório Integrado de Sistemática Vegetal, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. As amostras foram secas em estufa a 60 °C por 48 h e posteriormente

pesadas em balança analítica de precisão (Marte Científica®, AD330, Brasil). Foi utilizado o método de imersão (ABNT, 2003) para determinação da densidade da madeira (daqui em diante será tratada apenas como densidade), utilizando a equação 1. As amostras foram depositadas na xiloteca do Herbário Museu Nacional (R).

$$\rho = \frac{m}{mdiff} \quad (1)$$

onde, ρ = densidade (g cm^{-3}); m = peso seco das amostras (g); $mdiff$ = diferença de peso das amostras submergidas (g), que corresponde ao seu volume (cm^3).

Análise de dados

Foi verificado pelo teste de Shapiro-Wilk se as variáveis dos atributos funcionais (densidade, diâmetro e altura) apresentavam uma distribuição normal. Para avaliar diferenças significativas entre bordas sobre os atributos funcionais, foi aplicado o teste t de Student para as variáveis que atenderam ao pressuposto do teste de normalidade (diâmetro e altura), e teste de Wilcoxon para a variável que não atendeu aos pressupostos (densidade). A análise de correlação de Pearson foi realizada para verificar as relações entre os atributos funcionais. Adicionalmente, foi estimada a biomassa de cada árvore e comparada às médias entre bordas. A biomassa foi obtida pela aplicação da Equação 2. Todas as análises estatísticas e figuras foram feitas através do ambiente estatístico R 4.0.1 (R Core Team, 2021).

$$B = 0.063(p(DAP)^2 A)^{0.976} \quad (2)$$

onde, B = biomassa (kg), ρ = densidade (g cm^{-3}), DAP = diâmetro a 1,30 m do solo (cm) e A = altura (m).

Resultados

Entre os atributos funcionais, foi encontrada diferença significativa entre bordas apenas para a variável altura ($t\ 2,55$; $p\ 0,02$), onde Banco Halles apresentou mediana de $9,5 \pm 2,73$ m e Lagoa Feia de $6,75 \pm 1,17$ m (Figura 2C). Não foram encontradas diferenças significativas para a variável densidade ($z\ 45,5$; $p\ 0,76$) e diâmetro ($t\ 0,89$; $p\ 0,38$). A mediana da densidade das árvores para Banco Halles foi de $0,79 \pm 0,09$ g cm^{-3} que para Lagoa Feia foi de $0,83 \pm 0,26$ g cm^{-3} (Figura 2A). A mediana dos diâmetros das árvores de Banco Halles foi de $16,63 \pm 3,49$ cm e Lagoa Feia foi de $15,44 \pm 3,37$ cm (Figura 2B).

Não foram encontradas relações significativas entre os atributos funcionais (Figura 3). A densidade apresentou baixa correlação negativa com o diâmetro ($r\ -0,36$; $p\ 0,11$) e baixa correlação positiva com a altura ($r\ 0,02$; $p\ 0,93$). A altura e o diâmetro apresentaram baixa correlação positiva entre si ($r\ 0,16$; $p\ 0,49$).

A biomassa arbórea teve uma leve variação entre Banco Halles ($126,48 \pm 71,14$ kg) e Lagoa Feia ($71,5 \pm 40,67$ kg). Nesse sentido, observou-se que a maioria das árvores tanto de Banco Halles quanto de Lagoa Feia apresentaram biomassa entre 50 e 60 kg (Figura 4).

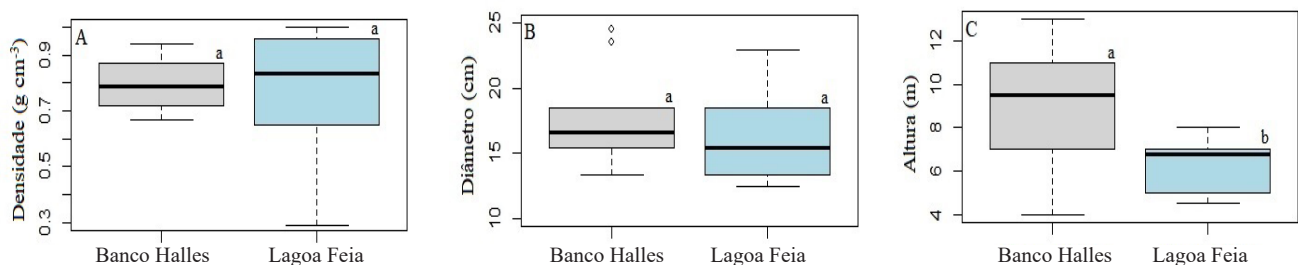


Figura 2. Gráficos de caixa (*Boxplots*) mostrando a variação da densidade (A), do diâmetro (B) e da altura (C) das árvores presentes nas bordas de Banco Halles e Lagoa Feia, na restinga de Grumari, Rio de Janeiro, Brasil. Linhas centrais nas caixas representam a mediana, os limites inferior e superior das caixas indicam o 1º e 3º quartil, respectivamente. Os traçados indicam o desvio padrão e pontos fora das caixas, *outliers*. Letras minúsculas diferentes sobre as caixas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Figure 2. Boxplots showing the variability of wood density (A), tree diameter (B) and height (C) on the edges of Banco Halles and Lagoa Feia, Grumari, Rio de Janeiro, Brazil. The central lines in the boxes represent the median, the lower and upper limits of the boxes are the 1st and 3rd quartiles. The dashed lines indicate standard deviation and points outside the boxes, outliers. Different lowercase letters above the boxes indicate significant differences ($p < 0.05$).

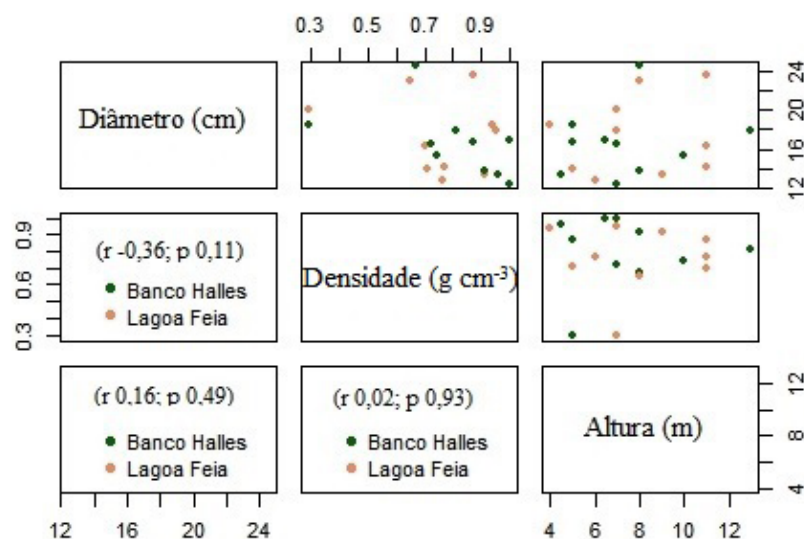


Figura 3. Gráfico de dispersão mostrando correlações entre os atributos funcionais (densidade, diâmetro e altura) sobre as bordas Banco Halles e Lagoa Feia, Grumari, Rio de Janeiro, Brasil. r = coeficiente de correlação de Pearson.

Figure 3. Scatter plot showing correlations between functional attributes (wood density, tree diameter and height) over Banco Halles and Lagoa Feia edges, Grumari, Rio de Janeiro, Brazil. r = Pearson's correlation coefficient.

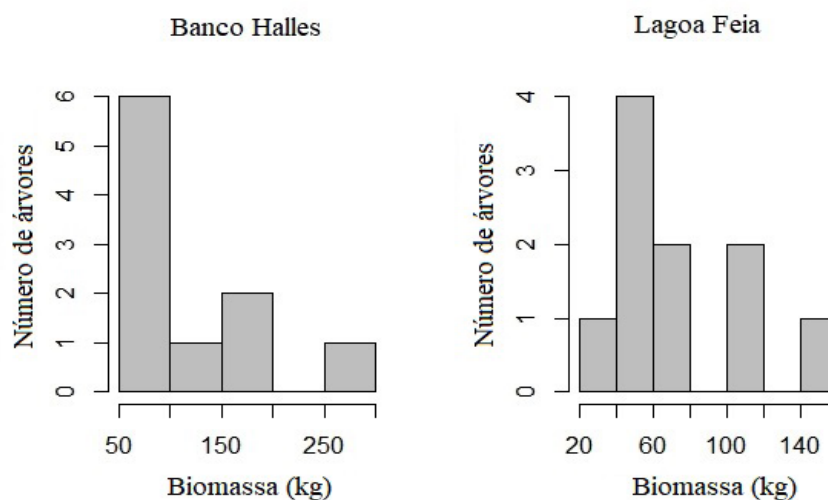


Figura 4. Histogramas de comparação de biomassa arbórea por indivíduos entre as duas bordas na restinga de Grumari, Rio de Janeiro, Brasil.

Figure 4. Histograms of comparison of tree biomass by individuals between the two edges in the sandbank of Grumari, Rio de Janeiro, Brazil.

Discussão

A variação dos atributos funcionais geralmente nos permite compreender como os indivíduos se comportam em diferentes condições ambientais (Violle et al., 2007). Neste estudo, foi observado que apenas a altura apresentou diferenças significativas entre bordas. De igual modo, observou-se que os atributos funcionais não apresentaram relações significativas entre si e que Banco Halles apresentou maior estoque de biomassa que Lagoa Feia.

A densidade da madeira é uma variável essencial, que permite prever a adaptação arbórea em diferentes entornos (Trugilho et al., 1990). Apesar de ambas as bordas serem opostas e carregarem históricos de distúrbios desiguais, existe aparente uniformidade da densidade (Figura 2A). Este resultado poderia estar sendo influenciado principalmente por fatores ambientais (Rüger et al., 2012), assim como pela distância e uniformidade vegetal do remanescente (Magnago et al., 2014). Ao mesmo tempo, as medianas de densidade apresentadas neste estudo encontram-se dentro do alcance local reportado para Floresta Atlântica ($0,6$ a $0,8 \text{ g cm}^{-3}$), no estudo de Padilha & Marco-Junior (2018).

Componentes arbóreos, como diâmetro e altura, são fundamentais para compreender a estrutura florestal (Berenguer et al., 2018). Aqui, não encontramos diferenças significativas entre as bordas para o diâmetro. No entanto, a altura foi uma variável entre os atributos funcionais que apresentou diferença significativa entre as bordas, mostrando árvores mais altas para Banco Halles. Uma possível causa deste resultado poderia ser os grandes impactos antrópicos, já que a borda Banco Halles é linear e se encontra de frente com outro fragmento de restinga, no que antes era visto como *continuum*, agora encontram-se divididos por uma estrada. Assim, árvores que se encontram em ambientes perturbados ou próximos a bordas lineares, geralmente são mais altas (Laurance et al., 2002). Isto porque, durante seu desenvolvimento, recebem mais luminosidade que as árvores do interior da floresta (Laurance et al., 2006). Por outro lado, foi visto que ambas as bordas apresentaram indivíduos com alturas desde 4 até 13 m, suportando os padrões de altura para árvores de restingas (Scherer et al., 2005; Santos et al., 2012; 2017; Pansonato et al., 2019).

A relação entre os atributos funcionais são fundamentais para compreender os processos que precedem a diversidade funcional (Inague et al., 2021).

Aqui, não foram encontradas relações significativas entre os atributos funcionais. Vários estudos estruturais relatam relação positiva entre diâmetro e altura (Nascimento et al., 2005; Philipson et al., 2014; Poorter et al., 2014). Possivelmente, uma maior amostragem, assim como um maior número de amostras, seria essencial para compreender melhor os padrões florestais locais (Chave et al., 2004). De igual modo, fatores edáficos, climáticos e sociais, não explorados neste estudo, são variáveis essenciais para entender a variação de atributos funcionais em diferentes habitats (Magnago et al., 2015).

Por outro lado, a densidade, neste estudo, mostrou relação negativa com o diâmetro. Este padrão é comumente visto em árvores emergentes (Chazdon et al., 2010), onde além de apresentarem baixa densidade, apresentam maiores alturas (Laurance & Curran, 2008).

A densidade, a altura e o diâmetro, em conjunto, funcionam como parâmetros-chaves para modelos alométricos de estimação de biomassa (Chave et al., 2014). Neste estudo, encontramos árvores com maior biomassa em Banco Halles que Lagoa Feia, com valores para ambas as bordas dentro da faixa de biomassa arbórea estimada para a Floresta Atlântica (Alves et al., 2010). A diferença entre bordas, poderia ser influenciada diretamente pela intensidade do efeito de borda (Laurance et al., 2006). Foi observado que as bordas reduzem em média 25% da biomassa em relação aos interiores das florestas (Chaplin-Kramer et al., 2015). A diferença de biomassa entre das bordas também poderiam ser consequência do estado de conservação da área (Dias et al., 2006), onde a borda com maior biomassa aparentemente seria a borda menos afetada por distúrbios.

Conclusões

Este estudo sugere que o efeito de borda poderia estar influenciando a variação dos atributos funcionais em bordas de um mesmo remanescente com diferentes históricos de distúrbio e ocupação. A variação dos atributos funcionais das árvores presentes nas bordas da restinga de Grumari demonstrou diferença significativa apenas para a variável altura, não tendo sido encontrada relação significativa entre os atributos funcionais.

Recomenda-se que novos estudos em restingas abordem um maior número de amostras e avaliem a influência de outros parâmetros que possam influenciar

a variação dos atributos funcionais entre bordas. Adicionalmente, recomenda-se o uso deste estudo preliminar como base para iniciativas que permitam a conservação da restinga de Grumari.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGBOT), Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, por facilitar a logística à campo e brindar-nos acesso livre aos laboratórios e ao herbário. À Bruna Benazi, pela assistência em campo. Aos nossos colegas da disciplina de Flora e Inventários Florísticos pelas sugestões na elaboração do manuscrito.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.
- Alves, L. F. et al. Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil). **Forest Ecology and Management**, v. 260, n. 5, p. 679-691, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.05.023>.
- Araújo, D. S. D. **Análise florística e fitogeográfica das restingas do Estado do Rio de Janeiro**. 2000. 176 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Argôlo, A. M. **Levantamento florístico, caracterização fisionômica e comparação da restinga de Grumari, RJ, com outras restingas do estado do Rio de Janeiro**. 2001. 62 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Berenguer, E. et al. Seeing the woods through the saplings: using wood density to assess the recovery of human-modified Amazonian forests. **Journal of Ecology**, v. 106, n. 6, p. 2190-2203, 2018. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12991>.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 261, de 30 de junho de 1999. Parâmetro básico para análise dos estágios sucessionais de vegetação de restinga. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 146, p. 29-31, 2 ago. 1999.
- Cadotte, M. W. et al. Predicting communities from functional traits. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n. 9, p. 510-511, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.07.001>.
- Calazans, L. S. B. et al. Araceae of Grumari restinga: contribution to the conservation of the flora of Rio de Janeiro State, Brazil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 32, n. 1, p. 55-62, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-33062017abb0224>.
- Chaplin-Kramer, R. et al. Degradation in carbon stocks near tropical forest edges. **Nature Communications**, v. 6, n. 1, p. 1-6, 2015. <https://doi.org/10.1038/ncomms10158>.
- Chave, J. et al. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Series B: Biological Sciences**, v. 359, n. 1443, p. 409-420, 2004.
- Chave, J. et al. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology**, v. 20, n. 10, p. 3177-3190, 2014. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>.
- Chave, J. et al. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. **Ecological Applications**, v. 16, n. 6, p. 2356-2367, 2006. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[2356:RAPVOW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[2356:RAPVOW]2.0.CO;2).
- Chave, J. et al. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, v. 12, p. 351-366, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01285.x>.
- Chave, J. Measuring wood density for tropical forest trees: a field manual. **Pan-Amazonia Project**, 6. 2006. Disponível em: [http://www.rainfor.org/upload/ManualsEnglish/wood_density_english\[1\].pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualsEnglish/wood_density_english[1].pdf). Acesso em: 22 fev. 2021.
- Chazdon, R. L. et al. Composition and dynamics of functional groups of trees during tropical forest succession in northeastern Costa Rica. **Biotropica**, v. 42, n. 1, p. 31-40, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00566.x>.
- Couto, D. R. et al. Vascular epiphytes in the Grumari restinga, RJ: floristic and similarities between restingas in Eastern Brazil. **Rodriguésia**, v. 68, n. 2, p. 337-346, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201768205>.
- Cunha, I. Desenvolvimento sustentável na costa brasileira. **Revista Galega de Economía**, v. 14, n. 1-2, p. 1-14, 2005.
- Dias, A. T. C. et al. Aboveground biomass stock of native woodland on a Brazilian sandy coastal plain: estimates based on the dominant tree species. **Forest Ecology and Management**, v. 226, n. 1-3, p. 364-367, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.01.020>.
- Guerra, M. F. Conflitos ambientais no parque natural municipal de Grumari. **Revista Rio de Janeiro**, v. 16-17, p. 115-132, 2005.
- Inague, G. M. et al. Climate change threatens the woody plant taxonomic and functional diversities of the *Restinga* vegetation in Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 1, p. 53-60, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2020.12.006>.
- Laurance, W. F. & Curran, T. J. Impacts of wind disturbance on fragmented tropical forests: a review and synthesis. **Austral Ecology**, v. 33, n. 4, p. 399-408, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2008.01895.x>.
- Laurance, W. F. et al. An Amazonian rainforest and its fragments as a laboratory of global change. **Biological Reviews**, v. 93, n. 1, p. 223-247, 2018. <https://doi.org/10.1111/brv.12343>.
- Laurance, W. F. et al. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v. 16, n. 3, p. 605-618, 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.01025.x>.
- Laurance, W. F. et al. Rain forest fragmentation and the proliferation of successional trees. **Ecology**, v. 87, n. 2, p. 469-482, 2006. <https://doi.org/10.1890/05-0064>.

- Laurance, W. F. et al. The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation. **Biological Conservation**, v. 144, n. 1, p. 56-67, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.021>.
- Lohbeck, M. et al. Successional changes in functional composition contrast for dry and wet tropical forest. **Ecology**, v. 94, n. 6, p. 1211-1216, 2013. <https://doi.org/10.1890/12-1850.1>.
- Magnago, L. F. S. et al. Do fragment size and edge effects predict carbon stocks in trees and lianas in tropical forests? **Functional Ecology**, v. 31, n. 2, p. 542-552, 2017. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12752>.
- Magnago, L. F. S. et al. Functional attributes change but functional richness is unchanged after fragmentation of Brazilian Atlantic forests. **Journal of Ecology**, v. 102, n. 2, p. 475-485, 2014. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12206>.
- Magnago, L. F. S. et al. Microclimatic conditions at forest edges have significant impacts on vegetation structure in large Atlantic forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2305-2318, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0961-1>.
- Murcia, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)88977-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88977-6).
- Moreira, M. M. et al. Orchidaceae of the Grumari restinga: floristic and similarity among restingas in Rio de Janeiro state, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 28, n. 3, p. 321-326, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-33062014abb3173>.
- Myers, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, 853-858, 2000. <https://doi.org/10.1038/35002501>.
- Nascimento, H. E. M. et al. Demographic and life-history correlates for amazonian trees. **Journal of Vegetation Science**, v. 16, n. 6, p. 625-634, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2005.tb02405.x>.
- Padilha, D. L. & Marco-Júnior, P. D. A gap in the woods: wood density knowledge as impediment to develop sustainable use in Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 424, p. 448-457, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.012>.
- Pansonato, M. P. et al. Community structure and species composition of a periodically flooded Restinga forest in Caraguatatuba, São Paulo. **Brazilian Biota Neotropica**, v. 19, n. 1, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2017-0477>.
- Pereira, T. **Conflitos sócio-ambientais nos Parques Naturais Municipais da Praina e Grumari: Maciço da Pedra Branca - RJ**. 2012. 359 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Philipson, C. D. et al. A trait-based trade-off between growth and mortality: Evidence from 15 tropical tree species using sizespecific relative growth rates. **Ecology and Evolution**, v. 4, n. 18, p. 3675–3688, 2014. <https://doi.org/10.1002/ece3.1186>.
- Poorter, H. et al. Trait correlation networks: a whole-plant perspective on the recently criticized leaf economic spectrum. **New Phytologist**, v. 201, n. 2, p. 378-382, 2014. <https://doi.org/10.1111/nph.12547>.
- PMRJ. Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. **Parque Natural Municipal da Praina e Parque Natural Municipal de Grumari: Plano de Manejo**. Rio de Janeiro, 2012.
- R Core Team. **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021.
- Rezende, C. L. et al. From hotspot to hopespot: an opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 4, p. 208-214, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002>.
- Ries, L. et al. Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, p. 491-522, 2004. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.112202.130148>.
- Rio de Janeiro. Câmara Municipal do Rio de Janeiro. Lei nº. 944, de 30 de dezembro de 1986. Constituição do Bairro de Grumari em área de proteção ambiental (APA). Rio de Janeiro, RJ, **Diário Oficial**, n. 248, 31 dez. 1986.
- Rodrigues, P. J. F. P. et al. Edge effects of oil pipeline canopy openings on tree community structure and dynamics in a Montane Atlantic Forest. **Journal of Geoscience and Environment Protection**, v. 4, n. 7, p. 132-140, 2016. <https://doi.org/10.4236/gep.2016.47014>.
- Rocha, C. F. D. et al. The remnants of restinga habitats in the Brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: habitat loss and risk of disappearance. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, n. 2, p. 263-273, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842007000200011>.
- Rüger, N. et al. Functional traits explain light and size response of growth rates in tropical tree species. **Ecology**, v. 93, n. 12, p. 2626-2636, 2012. <https://doi.org/10.1890/12-0622.1>.
- Santos, R. et al. Florística e estrutura do componente arbustivo-arbóreo de mata de restinga arenosa no Parque Estadual de Itapeva, Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1047-1060, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000600006>.
- Santos, R. dos et al. Vegetação arbustivo-arbórea em uma restinga de Jaguaruna, litoral sul do Estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 1, p. 99-111, 2017. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1952>.
- Scarano, F. R. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. **Annals of Botany**, v. 90, n. 4, p. 517-524, 2002. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf189>.
- Scherer, A. et al. Florística e estrutura do componente arbóreo de matas de Restinga arenosa no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 717-726, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062005000400006>.
- SOS Mata Atlântica. **Relatório anual 2020**. 2020. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/sobre/relatorios-e-balancos/>. Acesso em: 24 jul. 2021.
- Tabarelli, M. et al. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, v. 143, n. 10, p. 2328-2340, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.005>.
- Trugilho, P. F. et al. Comparação de métodos de determinação da densidade básica em Madeira. **Acta Amazônica**, v. 20, p. 307-319, 1990. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921990201319>.
- Violle, C. et al. Let the concept of trait be functional! **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882-892, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.00301299.2007.15559.x>.