



Distribuição de biomassa e efeito de borda em florestas protegidas da Mata Atlântica brasileira

Biomass distribution and edge effect in protected forests of the Brazilian Atlantic Forest

Caroline Alves Batista*, José Hilário Delconte Ferreira†

RESUMO

A biomassa acima do solo é considerada um parâmetro importante das florestas, podendo contribuir para diversas análises em habitats ameaçados. O objetivo deste estudo foi investigar a distribuição de biomassa florestal, relacionando efeito de borda e índice de Patton, em três Unidades de Conservação, utilizando modelos digitais de elevação e imagens *raster* para a estimativa de biomassa e o zoneamento de faixas com *buffers* de 10 metros, totalizando 1200 metros, seguido pela Estatística Zonal via QGIS v. 3.10. O Parque Estadual Morro do Diabo expressou menor índice de Patton (1,961) e seus valores de biomassa aumentaram uniformemente a partir de 200 metros da borda. A Reserva Biológica das Perobas foi detentora de um valor intermediário do índice (2,042) e sua biomassa, a partir de 270 metros, aumentou uniformemente. O Parque Nacional do Iguaçu apresentou o maior índice (2,911) e obteve a menor recuperação de biomassa, tendo efeito de borda com momento indefinido. Os resultados possibilitaram compor informações para o gerenciamento de florestas protegidas, sendo útil em apresentar possíveis limites de efeitos de borda em alguns casos.

Palavras-chave: Biomassa Acima do Solo, Mata Atlântica, Unidades de Conservação.

ABSTRACT

Above-ground biomass is considered an important parameter for forests and can contribute to several analyzes in threatened habitats. The aim of this study was to investigate the distribution of forest biomass, relating edge effect and Patton index, in three Conservation Units, using digital elevation models and raster images for biomass estimation and lane zoning with 10 meters buffers, totaling 1200 meters, followed by Zonal Statistics via QGIS v. 3.10. Morro do Diabo State Park expressed the lowest Patton index (1.961) and its biomass values increased uniformly from 200 meters from the edge. The Perobas Biological Reserve had an intermediate value of the index (2.042) and its biomass, from 270 meters, increased uniformly. The Iguaçu National Park had the highest index (2.911) and had the lowest biomass recovery, with an indefinite edge effect. The results made it possible to compose information for the management of protected forests, being useful in presenting possible limits of edge effects in some cases.

Keywords: Aboveground Biomass, Atlantic Forest, Conservation Units.

1 INTRODUÇÃO

A biomassa acima do solo (BAS), de acordo com Lu (2006), contempla a massa viva acima do solo, como árvores, arbustos, lianas e herbáceas, e representa o estado de crescimento da vegetação, sendo considerada um dos mais importantes parâmetros das florestas. Em geral, segundo Lu *et al.* (2014), a BAS pode ser calculada através de medições diretas, com amostragem destrutiva, e de medições indiretas, com modelos alométricos e estimativas por meio do sensoriamento remoto.

* Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil;
carolinebatista@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão; jhdferreira@gmail.com



Nesse sentido, os métodos diretos fornecem medições reais da quantidade de biomassa, no entanto geralmente despendem trabalho de campo demorados e de alto custo (LU, 2006). Assim, destaca-se o sensoriamento remoto uma vez que seu formato digital permite o processamento rápido dos dados, com custo relativamente inferior (LU, 2006), sendo útil para a tomada de decisões, especialmente em habitats ameaçados como o da Mata Atlântica (MYERS *et al.*, 2000).

A vegetação remanescente do bioma Mata Atlântica se encontra extremamente fragmentada (RIBEIRO *et al.*, 2009) e o processo de fragmentação, além da redução da área florestal, gera o efeito de borda caracterizado pela formação de uma região limítrofe entre o centro do fragmento e seu limite circundante (COLLINGE, 2009; LAURANCE, 2000; MURCIA, 1995).

A complexidade de forma dos fragmentos se relaciona diretamente com o efeito de borda e pode ser interpretada com o auxílio do índice de Patton, pois quanto maior o valor do índice maior a complexidade dos fragmentos, onde manchas irregulares e com reduzida área de núcleo detêm maior proporção entre área de borda e seu interior, resultando em um maior efeito de borda (MURCIA, 1995; PATTON, 1975).

Diante do exposto, o objetivo foi investigar a distribuição de biomassa acima do solo, relacionando efeito de borda e índice de Patton, em três áreas de florestas protegidas pertencentes à Mata Atlântica, sendo elas Unidades de Conservação, visando contribuir com o desenvolvimento da aplicabilidade do sensoriamento remoto e com dados para conservação futura do bioma.

2 MÉTODO

As áreas de estudo compreenderam três Unidades de Conservação, sendo elas: o Parque Estadual do Morro do Diabo (PEMD), o Parque Nacional do Iguaçu (PNI) e a Reserva Biológica das Perobas (RBP).

A priori o índice de Patton foi calculado por meio da Equação (1), em que C representa o índice em si, P é o perímetro e A é a área, ambos em relação ao fragmento (PATTON, 1975).

$$C = P / (2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}) \quad (1)$$

Os dados espectrais originaram-se do satélite Sentinel-2, através do *Copernicus Data Hub* (COPERNICUS SENTINEL DATA, 2019), sendo utilizado o nível 2A com resolução espacial de 20 metros, fazendo o uso da banda 11, infravermelho médio (SWIR) e o modelo de elevação digital, DEM, foi adquirido do levantamento de dados do satélite ALOS PALSAR (ALASKA SATELLITE FACILITY, 2020), sendo extraídas as informações topográficas de interesse, aspecto e declividade, com ferramentas do *software* QGIS v. 3.10 (QGIS.ORG, 2021).

A orientação das vertentes, $\varphi_{x,y}$, e a declividade, $\theta_{x,y}$, extraídas do DEM, e os valores de azimute, φ_s , e zênite, θ_s , do momento da aquisição das imagens foram utilizados para a obtenção do fator de iluminação (FI), que foi calculado com a Equação (2) (CANAVESI, 2008).

$$FI = \left(\left((\cos(\varphi_{x,y} - \varphi_s))^2 + (\cos(\theta_{x,y} - \theta_s))^2 \right)^{1/2} \right) \quad (2)$$

Assim, a biomassa foi estimada através da Equação (3), adaptada de Barbosa *et al.* (2014), onde: AGB é a biomassa acima do solo; MSI11 representa o sensor *MultiSpectral Instrument* (MSI) do satélite Sentinel 2A e a banda SWIR, 11; e FI o fator de iluminação.

$$\ln(AGB) = -6 - 5,4 (\ln(MSI11)) - 0,2 (\ln(MSI11) \times \ln(FI)) \quad (3)$$

A seguir, objetivando a comparação entre as três UC's, os valores das bandas raster de biomassa acima do solo obtidos foram normalizados pelo método Mín-Máx, seguindo a Equação (4), onde AGB é a biomassa acima do solo a ser normalizada; $AGB_{\min}$ e $AGB_{\max}$ são o menor e o maior valor observado, respectivamente; e $AGB_{\text{normalizado}}$ é a biomassa normalizada.

$$AGB_{\text{normalizado}} = (AGB - AGB_{\min}) / (AGB_{\max} - AGB_{\min}) \quad (4)$$

A investigação dos efeitos de borda das UC's utilizou o QGIS para processamento e tratamento dos dados (QGIS.ORG, 2021), sendo produzidos *buffers* de 10 metros para o interior dos limites das UC's, com 120 faixas, totalizando 1200 metros de estudo. Os polígonos produzidos a partir do *buffer* do arquivo de camada vetorial com o limite de cada UC, geraram as faixas de interesse através da sobreposição ou recorte de todos os polígonos novos gerados pelo seu respectivo polígono antecessor, em todas as 120 faixas.

A seguir, fazendo o uso do complemento Estatística Zonal (*Zonal Statistics*) do aplicativo QGIS (QGIS.ORG, 2021), foram extraídas as informações das bandas raster com os valores de biomassa acima do solo normalizados, aplicando os zoneamentos das faixas adquiridas.

Posteriormente, para cada UC, foram elaborados gráficos dos valores médios de biomassa acima do solo contidos em cada faixa, com viés de investigação do efeito de borda relacionando-o com métricas de paisagem.

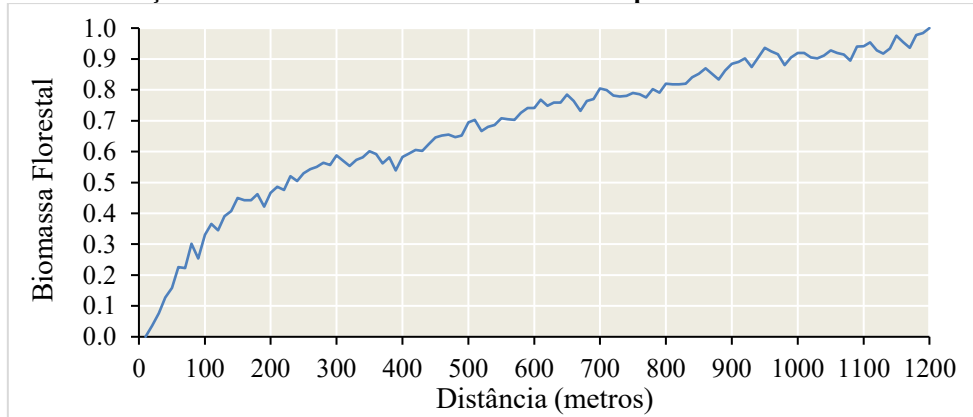
3 RESULTADOS

Os resultados de índice de Patton encontrados foram 1,961 para o Parque Estadual Morro do Diabo (PEMD), 2,042 para a Reserva Biológica das Perobas (RBP) e 2,911 para o Parque Nacional do Iguaçu (PNI).

As Figuras 1, 2 e 3 demonstram os resultados de distribuição de biomassa florestal nas bordas das Unidades de Conservação de estudo, com a distância variando de 0 (borda) a 1200 metros (interior) e gradiente de biomassa florestal normalizada variando de 0 (valor mínimo de BAS na respectiva UC) a 1 (valor máximo), onde PEMD e RBP apresentaram curvas que se assemelharam à exponencial e PNI à linear.

O PEMD, que expressou o menor índice de Patton, 1,961, foi o que apresentou menor efeito de borda, pois seus valores de biomassa recuperaram-se significativamente até os 100 metros e aumentaram uniformemente a partir de 200 metros da borda (Figura 1).

Figura 1 – Distribuição de biomassa florestal na borda do Parque Estadual Morro do Diabo (PEMD)

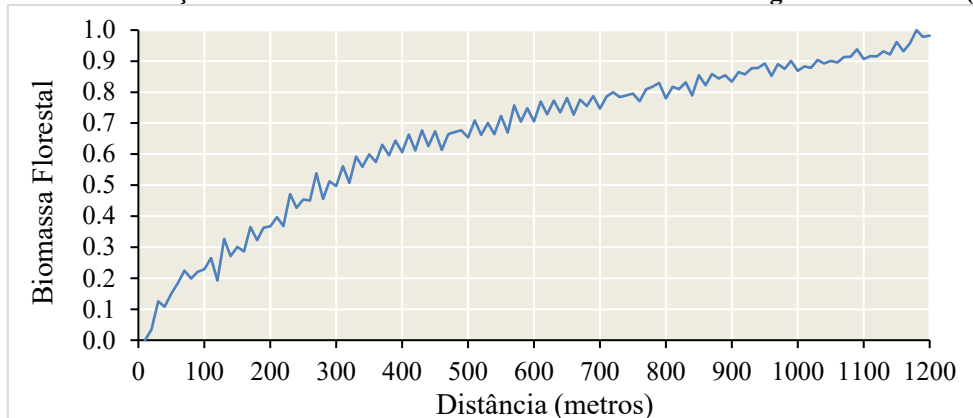


Fonte: Autoria própria (2021).



No que tange à RBP, detentora do valor intermediário de Patton, 2,042, obteve valores intermediários de efeito de borda, onde sua biomassa a partir de 180 metros recupera-se significativamente e a partir de 270 metros aumenta uniformemente (Figura 2).

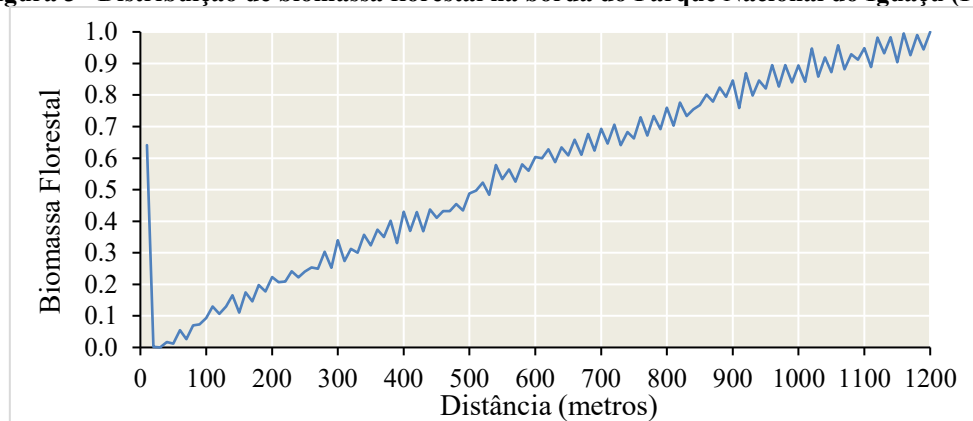
Figura 2 –Distribuição de biomassa florestal na borda da Reserva Biológica das Perobas (RBP)



Fonte: Autoria própria (2021).

Em relação ao PNI, que apresentou o maior índice de Patton, 2,911, obteve a menor recuperação de biomassa ao longo do gradiente, tendo efeito de borda com momento indefinido, pois seus valores cresceram com tendência linear ao longo dos 1200 metros (Figura 3), contrapondo o que ocorreu em PEMD e RBP.

Figura 3 –Distribuição de biomassa florestal na borda do Parque Nacional do Iguaçu (PNI)



Fonte: Autoria própria (2021).

O PNI, diferentemente das demais UC's, detém cursos d'água que circundam seus limites e nesses pontos ocorreram altos valores de biomassa que influenciaram a primeira faixa de análise, entre 0 e 10 metros. Ainda, detém a maior complexidade de forma das áreas de estudo, no entanto também apresenta a maior extensão territorial com 162.479 hectares quando comparada com 35.816 ha (PEMD) e 8.796 ha (RBP).

4 CONCLUSÃO

O uso da investigação da distribuição de biomassa florestal, ao longo do gradiente de 1200 metros, possibilitou compor informações para o gerenciamento de florestas protegidas através da delimitação prática



e pouco onerosa dos possíveis limites dos efeitos de borda e da elucidação do comportamento da biomassa florestal, representando a complexidade dos fragmentos e a possível ocorrência de micro-habitats (FERREIRA *et al.*, 2018).

É importante ressaltar que a análise empregada não pode definir exatamente os limites do efeito de borda, principalmente em fragmentos de forma mais complexa, apenas restringir sua possível atuação, pois está sujeita a alguns erros, como de transferibilidade de modelo de estimativa de BAS e de comportamento espectral de agriculturas e cursos d'água nas proximidades da borda (IOST FILHO *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2018; FOODY; BOYD; CUTLER, 2003), entretanto contribui para com dados para conservação futura do bioma.

Por fim, sugere-se para trabalhos futuros o aumento do número de áreas de estudo e a coleta de campo dos dados de biomassa acima do solo para refinar a metodologia aplicada, visando o comparativo com a presente pesquisa e aumento da confiabilidade do modelo, resultando em valores significativamente melhores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem notadamente ao apoio financeiro concedido pela Fundação Araucária, através de bolsa, durante o desenvolvimento da presente pesquisa de iniciação científica na modalidade PIBIC.

REFERÊNCIAS

- ALASKA SATELLITE FACILITY. Dataset: ©JAXA/METI ALOS PALSAR L1.5 2019. Disponível em: <https://www.asf.alaska.edu>. Acesso em: 19 set. 2020.
- BARBOSA, J. M.; MELENDEZ-PASTOR, I.; NAVARRO-PEDREÑO, J.; BITENCOURT, M. D. Remotely sensed biomass over steep slopes: An evaluation among successional stands of the Atlantic Forest, Brazil. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 88, p. 91–100, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924271613002815>. Acesso em: 18 jul. 2021.
- CANAVESI, V., 2008. **Aplicação de dados Hyperion EO-1 no estudo de plantações de *Eucalyptus spp.*** 2008. 127 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Departamento de Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008. Disponível em: <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.01.14.06/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2021.
- COLLINGE, S. K. **Ecology of fragmented landscapes**. Maryland: The Johns Hopkins University Press, 2009.
- COPERNICUS SENTINEL DATA. Retrieved from Copernicus Data Hub, 24 ago. 2019, **processed by ESA**. Disponível em: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>. Acesso em: 24 ago. 2019.
- FERREIRA, I. J. M.; FERREIRA, J. H. D.; BUENO, P. A. A.; *et al.* Spatial dimension landscape metrics of atlantic forest remnants in paraná state, Brazil. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 40, 2018. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/36503/pdf>. Acesso em: 01 out. 2021.
- FOODY, G. M.; BOYD, D. S.; CUTLER, M. E. J. Predictive relations of tropical forest biomass from Landsat TM data and their transferability between regions. **Remote Sensing of Environment**, v. 85,



- n. 4, p. 463–474, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425703000397>. Acesso em: 17 jul. 2021.
- IOST FILHO, F. H.; NAKAI, É. S.; BARROS, P. P. DA S.; *et al.* Comparação de sensores hiperespectrais para análise do comportamento espectral de folhas de soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 33563–33574, 2020. Brazilian Journal of Development. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/11026/9242>. Acesso em: 01 out. 2021.
- LAURANCE, W. F. Do edge effects occur over large spatial scales? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 15, p. 134–135, 2000. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347\(00\)01838-3](https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347(00)01838-3). Acesso em: 17 jul. 2021.
- LU, D. The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. **International Journal of Remote Sensing**, 10. Apr. 2006. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160500486732>. Acesso em: 9 jul. 2021.
- LU, D.; CHEN, Q.; WANG, G.; *et al.* A survey of remote sensing-based aboveground biomass estimation methods in forest ecosystems. **International Journal of Digital Earth**, v. 9, n. 1, p. 63–105, 2014. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17538947.2014.990526>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, n. 2, p. 58–62, 1995. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169534700889776>. Acesso em: 17 jul. 2021.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/35002501>. Acesso em: 8 jul. 2021.
- PATTON, D. R. A diversity index for quantifying habitat “edge.” **Wildlife Society Bulletin**, v. 3, n. 4, p. 171–173, 1975. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3781151>. Acesso em: 26 jul. 2021.
- QGIS.ORG, 2021. **QGIS Geographic Information System**. Disponível em: <http://www.qgis.org>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- PEREIRA, L. E.; AMORIM, G.; GRIGIO, A. M.; FILHO, A. C. P. Comparative analysis of normalized difference water index (NDWI) methods in continental wetland. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 2, p. 654–662, 2018. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/13023>. Acesso em: 01 out. 2021.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320709000974>. Acesso em: 8 jul. 2021.