

Incêndios ameaçam a ocorrência da castanha-do-Brasil na transição Cerrado-Amazônia

Jôine Cariele Evangelista do Vale¹

Lucas Barros da Rosa²

Pedro Vasconcellos Eisenlohr³

Ecologia Ambiental

Resumo

A castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) é uma espécie em extinção, ameaçada pelo desmatamento e incêndios florestais. Cerrado-Amazônia. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi identificar as áreas de sobreposição entre fogo e área potencial de ocorrência de *B. excelsa*. Para isso, construímos modelos de Nicho Ecológico (MNE) e de probabilidade de ocorrência de fogo. Para o MNE utilizamos um modelo consenso construído a partir de 9 diferentes algoritmos e utilizando como variáveis preditoras, camadas bioclimáticas e edafotopográficas. Para os modelos de ocorrência de fogo, utilizamos os mesmos princípios do MNE, combinando camadas antrópicas, edafotopográficas e climáticas para prever áreas com alta probabilidade de incêndio. Ao fim, sobrepusemos as camadas resultantes de ambos os modelos e identificamos as áreas de intersecção. Nossos resultados indicam que os modelos tiveram bom desempenho (TSS acima de 0,4). A área potencial de ocorrência de *B. excelsa* na transição foi de 312.098,48 km², enquanto a área de alta probabilidade de fogo foi de 250.248,14 km². Ambas se sobrepõem em cerca de 130.386,37 km². Identificamos em áreas protegidas, onde *B. excelsa* potencialmente ocorre, funcionam como barreiras ao efeito do fogo sobre a espécie. Nossos modelos mostram-se eficientes ao identificar áreas onde *B. excelsa* possui alta probabilidade de ser afetada pelo fogo. Portanto, consideramos que essa possa ser uma útil ferramenta na conservação de espécies da transição.

Palavras Chaves: Impactos antrópicos; Sul da Amazônia; PFTM; Transições fitogeográficas.

¹ Universidade de Brasília (UnB), Centro de Desenvolvimento Sustentável, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília, Distrito Federal, Brasil. jc.valebiologia@hotmail.com.

² Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. lucas.barrosrr@gmail.com

³ Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Campus Universitário de Alta Floresta, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil. pedrov.eisenlohr@gmail.com

INTRODUÇÃO

As ações antrópicas, como os incêndios, têm ameaçado a biodiversidade no sul da Amazônia (BEBBER, 2019 e ANDRADE, 2019) principalmente em uma região que coincide com a transição entre os domínios Cerrado e Amazônia. Nessa região existem enclaves da vegetação amazônica no Cerrado e vegetação deste último na Amazônia. Embora ocorram incêndios naturais no Cerrado, as florestas úmidas não perturbadas típicas da região amazônica não costumam queimar naturalmente (UHL; SERRAO, 1998), no entanto, uma vez acometidas pelo fogo, têm maior possibilidade de queimar novamente (ZARIN et al., 2005). Assim, o fogo afeta a estrutura florestal e aumenta a mortalidade das árvores (BALCH et al., 2015 e MASSAD et al., 2015), sejam elas de pequeno ou grande porte (HOFFMANN et al., 2009).

A castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) é uma espécie em extinção, com indivíduos que podem alcançar até 60 metros de altura (RIBEIRO et al., 2020), no entanto, a sobrevivência dessa espécie na região tem sido ameaçada pela extração ilegal da sua madeira e pelo desmatamento que muitas vezes deixa apenas a árvore da *B. excelsa* isolada no meio de plantações e pastagens, ficando suscetível aos incêndios típicos da região. Uma importante estratégia para mitigar os riscos a preservação da biodiversidade é identificar as principais ameaças à espécie para a manutenção dos ecossistemas, como a castanha-do-Brasil. Neste trabalho, buscamos entender se os incêndios de fato representam uma ameaça à ocorrência da castanha-do-Brasil na transição entre os domínios Cerrado e Amazônia. Para tanto, determinamos a área potencial de ocorrência da *B. excelsa* por meio da Modelagem de Nicho Ecológico (MNE), e sobrepussemos essa área com os locais mais suscetíveis a incêndios na região.

METODOLOGIA

Esse estudo foi direcionado à região da transição entre os domínios Cerrado e Amazônia (AB'SÁBER, 2003). Para entender a distribuição potencial da *B. excelsa* nós realizamos uma Modelagem de Nicho Ecológico (MNE) da espécie. Utilizamos 243 pontos

de ocorrência distribuídos ao longo da região Neotropical, obtidos a partir dos bancos de dados *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, 2019), *SpeciesLink* (CRIA, 2019), Flora do Brasil (REFLORA, 2019) e *NeoTropTree* (OLIVEIRA-FILHO, 2017)

Para a MNE, utilizamos os rasters de 19 variáveis bioclimáticas (CHELSA: KARGER et al., 2017) seis variáveis de solos (*Soil grid*), uma variável de elevação (NASA (SRTM)), e duas de topografia (pacote *raster*), com uma resolução de 5 minutos de arco (~10 km) para corresponder à precisão dos registros de ocorrência. Cortamos todos os rasters usando a região Neotropical como máscara.

Utilizamos a Análise de Componentes Principais (PCA) para remover a colinearidade entre variáveis bioclimáticas (PCA1; os cinco primeiros componentes, que representam aproximadamente 90% da variação), bem como variáveis edáficas e topográficas (PCA2; os três primeiros componentes, que representam aproximadamente 70% da variação). As colinearidades entre os eixos selecionados das duas PCAs foram identificadas e eliminadas através do Fator de Inflação da Variância (VIF, sigla em inglês).

Para a construção dos modelos da MNE, utilizamos nove algoritmos do pacote “biomod2” (THUILLER et al., 2016). Utilizamos 70% dos dados de ocorrência para treino (construção dos modelos) e 30% para teste dos modelos (FRANKLIN, 2010). Para cada algoritmo geramos 25 modelos, (5 repetições x 5 conjuntos de pseudoausências (PAs)). Como exceção, os algoritmos GBM, RF e CTA trabalharam com o número de PAs igual ao número de pontos de ocorrência da espécie (BARBET-MASSIN et al., 2012).

Selecionamos todos os modelos com o *True Skill Statistic* (TSS) > de 0,4 para consenso (ALLOUCHE et al., 2006 e ZHANG et al., 2015). Criamos um mapa binário (presença / ausência) através do *ROC Threshold* (LIU et al., 2005). Em seguida, cortamos o mapa binário com máscara da região de transição entre o Cerrado e a Amazônia.

Para a construção da camada de incêndios florestais, construímos um modelo de probabilidade de ocorrência fogo seguindo a metodologia do MNE. Como registros de ocorrência, utilizamos dados de 2012, provenientes do sensor MODIS, a bordo do satélite AQUA, disponibilizado pelo portal BDQueimadas (INPE, 2019). Como variáveis preditoras utilizamos as edafotopográficas do MNE em conjunto com as seguintes camadas: Distâncias (m) de Estradas (IBGE, 2014), Vegetação Nativa (IBGE, 2012), Agricultura

(IBGE, 2012), Linhas de Transmissão (ANEEL, 2019), Áreas Urbanizadas (EMBRAPA, 2019); Precipitação mensal, temperatura máxima mensal e mínima mensal (CHELSA). Os modelos de fogo foram construídos mensalmente, e ao fim, foi produzida uma camada média anual, transformada em um *raster* binário (presença / ausência) através do *threshold* LPT5 (LIMA-RIBEIRO et al., 2017).

Por fim, sobrepomos as regiões de intersecção entre “áreas com alta probabilidade de incêndios” e “área potencial de ocorrência” e as calculamos. Todas as análises foram realizadas no ambiente R versão 3.4.4 (R Core Team, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os modelos gerados pelos algoritmos apresentaram um bom desempenho, resultando em 225 modelos retidos para o consenso, com um TSS médio de 0.58 (desvio padrão de 0.05) e ROC de 41.67. O consenso médio entre os modelos indica que a *B. excelsa* apresenta 312.098,48 km² de área potencial de ocorrência na região da transição entre os domínios Cerrado e Amazônia (Imagem 1). Nossos resultados também apontam que nessa região 250.248,14 km² são áreas com alta possibilidade de ocorrência de incêndios, dentre essa área total, 130.386,37 km² se sobrepõem a área potencial de ocorrência da *B. excelsa*.

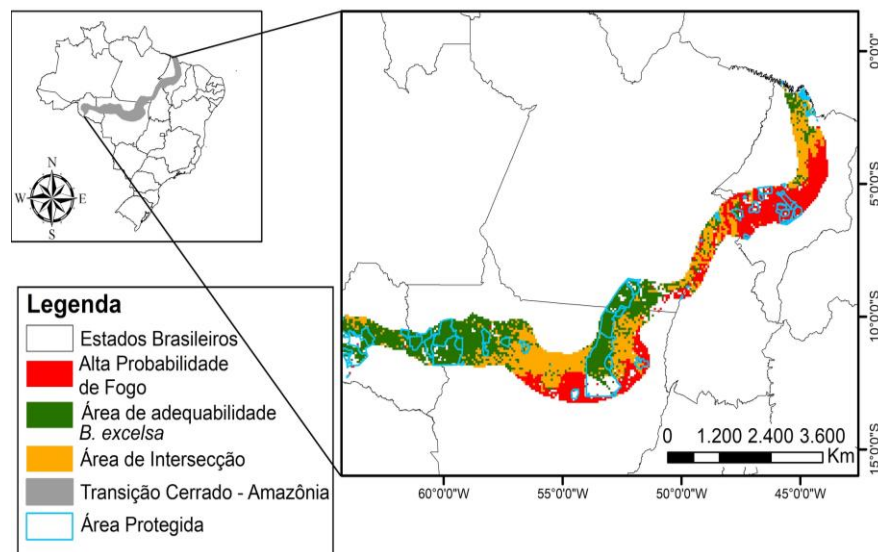


Imagem 1: Áreas potenciais para a ocorrência da *B. excelsa* e áreas com potencial para a ocorrência de incêndios na transição Cerrado-Amazônia.

A região de ocorrência na transição Cerrado-Amazônia da *B. excelsa* é constituída

majoritariamente por florestas fragmentadas pelo desmatamento, logo essa espécie está suscetível às pressões das ações antrópicas na região, o que pode deixá-la mais suscetível a morte pelos incêndios. Essa região enfrenta a ameaça da fronteira agropecuária, onde o desmatamento e o constante uso de insumos agrícolas colocam em risco a ocorrência dos insetos polinizadores e dos roedores dispersores das sementes da *B. excelsa*.

Nossos resultados apontam que a probabilidade de incêndios pode representar uma ameaça para a ocorrência da *B. excelsa* na transição Cerrado-Amazônia, no entanto, é importante destacar que área de ocorrência da espécie pode não ser muito afetada pelo fogo nas Áreas Protegidas (APs) da região. Isso reforça a importância das APs como barreiras para o avanço da degradação ambiental nessa região, uma vez que no interior de APs as taxas anuais de desmatamento podem ser até 2,5 vezes menores que em outras áreas (SEYMOUR; EVANS, 2018). Assim as APs contribuem diretamente na diminuição o risco de incêndios (BEBBER, 2019) e conseqüentemente, reduzem as emissões de carbono (BEBBER; BUTT, 2017). Além disso, as APs estabelecidas nessa região são importantes barreiras para o avanço das fronteiras agrícolas, o que inibe a conversão de florestas em áreas de pastagem e lavouras (SOARES-FILHO et al., 2010).

Adicionalmente, é importante destacar que a *B. excelsa* representa um importante componente na renda de populações pobres nesta região, como pequenos agricultores, comunidades extrativistas e populações indígenas (ANGELO et al., 2013). A exploração sustentável das sementes da castanha-do-Brasil tem alto valor econômico. Somente na região norte do Brasil foram extraídas 31.991 toneladas de castanha-do-Brasil no ano de 2018 (equivalente a aproximadamente R\$ 119,887,000.00), o que equivale a ~94% da produção do Brasil (IBGE, 2019). Esses dois aspectos reforçam a necessidade de proteção dessa espécie.

Vale ressaltar que quando se reforça a proteção de uma espécie tão representativa quanto a *B. excelsa*, essa proteção pode funcionar como uma guarda chuva para proteger as diferentes espécies ligadas (ou não) ecologicamente. Para tanto, é preciso reforçar a proteção das manchas florestais na região, promovendo a criação de corredores ecológicos, combater o desmatamento e a fragmentação florestal, e promover o reflorestamento para mitigar os impactos do efeito de borda e a eventual suscetibilidade a incêndios florestais.

Assim, a proteção da *B. excelsa* será promovida de forma eficaz, bem como de muitas outras espécies da rica biodiversidade dessa região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossa metodologia apresentou eficiência como ferramenta de conservação ao permitir a identificação de áreas onde *B. excelsa* possui alta probabilidade de ser afetada pelo fogo. Consideramos que nossos modelos podem ser úteis para a proteção ambiental da região, mas que acima disso, servem como um alerta para o potencial efeito do fogo nas espécies da transição Cerrado-Amazônia e na importância das unidades de conservação. Sugerimos que outras espécies sejam testadas, de forma que as mais afetadas pelo fogo sejam identificadas.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001 e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil (CNPq)

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 2º ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALLOUCHE, O.; TSOAR, A.; KADMON, R. Assessing the accuracy of species distribution models: Prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). **Journal of Applied Ecology**, v. 43, n. 6, p. 1223–1232, 2006. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x>>. Acesso em: 21/7/2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **“Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico – Linhas de Transmissão ONS”**. Disponível em <https://sigel.aneel.gov.br/Down/>. Acesso em 04 de Março de 201

ANGELO, H., POMPERMAYER, R. S., DE ALMEIDA, A. N., & MOREIRA, J. M. M. A. P. (2013). **O custo social do desmatamento da Amazônia brasileira: o caso da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*)**. Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE).

ANDRADE, R. DE O. Alarming surge in Amazon fires prompts global outcry. **Nature**, 2019. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/d41586-019-02537-0>>. .

BALCH, J. K.; NEPSTAD, D. C.; BRANDO, P. M.; et al. Negative fire feedback in a transitional forest of southeastern Amazonia. **Global Change Biology**, v. 14, n. 10, p. 2276–2287, 2008. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2486.2008.01655.x>>. .

BARBET-MASSIN, M.; JIGUET, F.; ALBERT, C. H.; THUILLER, W. Selecting pseudo-absences for species distribution models: how, where and how many? **Methods in Ecology and Evolution**, v. 3, n. 2, p. 327–338, 2012. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.2041-210X.2011.00172.x>>. .

BEBBER, D. P. The Brazilian Amazon Protected Area Network was largely unaffected by recent satellite-detectable fires. **bioRxiv**, p. 784975, 2019. Cold Spring Harbor Laboratory. Disponível em: <<https://doi.org/10.1101/784975>>. Acesso em: 21/7/2020.

BEBBER, D. P.; BUTT, N. Tropical protected areas reduced deforestation carbon emissions by one third from 2000–2012. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 14005, 2017. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41598-017-14467-w>>. .

CHATTERJEE, S.; HADI, A. S. **Regression analysis by example**. John Wiley & Sons, 2015.

CRIA. speciesLink Network. Disponível em: <<http://www.splink.org.br/index>>. Acesso em: 10/2/2019.

CSR-UFMG. Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais. “**Áreas protegidas (base de dados espacial)**”. Disponível em www.csr.ufmg.br/maps. Acesso em 04 de Março de 2019

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Monitoramento por Satélite. “**Áreas Urbanas**”. Disponível em http://geoinfo.cnpemembrapa.br/layers/geonode%3Aareas_urbanas_br_15. Acesso em 04 de Março de 2019.

FRANKLIN, J. **Mapping species distributions**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

GBIF. **Global Biodiversity Information Facility**. Disponível em: <<https://www.gbif.org/>>. .

HIJMANS, R.J. **raster: Geographic Data Analysis and Modelling**. R package version 3.0-7. <https://CRAN.R-project.org/package=raster> (2019).

HOFFMANN, W. A.; ADASME, R.; HARIDASAN, M.; et al. Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of savanna–forest boundaries under frequent fire in central Brazil. **Ecology**, v. 90, n. 5, p. 1326–1337, 2009. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1890/08-0741.1>>. .

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS | IBGE**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 21/7/2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. “**Logística dos Transportes (2014)**”. 736 Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15793->

737-logistica-dos-transportes.html?=&t=downloads>. Acesso em: 04 de Março de 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. “**Logística dos Transportes (2014)**”. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15793-logistica-dos-transportes.html?=&t=downloads>. Acesso em 04 de Março de 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. “**Cobertura e Uso da Terra (2012)**”. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15833-uso-da-terra.html?=&t=downloads>. Acesso em 04 de Março de 2019.

INPE. Instituto de Pesquisas Espaciais. “**Banco de Dados de Queimadas**”. Disponível em <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>. Acesso em 04 de Março de 2019.

KARGER, D. N. et al. Climatologies at high resolution for the earth’s land surface areas. **Scientific data**, v. 4, p. 170122, 2017.

LIMA-RIBEIRO, Matheus S. et al. Fossil record improves biodiversity risk assessment under future climate change scenarios. **Diversity and Distributions**, v. 23, n. 8, p. 922-933, 2017.

LIU, C.; BERRY, P. M.; DAWSON, T. P.; PEARSON, R. G. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. **Ecography**, v. 28, n. 3, p. 385–393, 2005.

NAIMI, B. et al. Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling?. **Ecography**, v. 37, n. 2, p. 191-203, 2014. NAYLOR, Rosamond et al. Losing the links between livestock and land. **Science**, v. 310, n. 5754, p. 1621-1622, 2005.

MASSAD, T. J.; BALCH, J. K.; LAHÍS MEWS, C.; et al. Early recruitment responses to interactions between frequent fires, nutrients, and herbivory in the southern Amazon. **Oecologia**, v. 178, n. 3, p. 807–817, 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00442-015-3259-9>>. .

OLIVEIRA-FILHO, A. T. **NeoTropTree, Flora arbórea da Região NeoTropical: Um banco de dados envolvendo biogeografia, diversidade e conservação**. Disponível em: <<http://www.neotropree.info>>. .

R CORE TEAM. **R Core Team: A language and environment for statistical computing**. , 2018. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. .

REFLORA. **Flora do Brasil 2020 em construção**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/PrincipalUC/PrincipalUC.do;jsessionid=F21ADBA466A441733274789CC63D0354>>. Acesso em: 21/7/2020.

RIBEIRO, M.; CATENACCI, F.S.; SMITH, N.P.; CABELLO, N. B. **Lecythidaceae in Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23424>>. Acesso em: 26 jul. 2020

SEYMOUR, F.; EVANS, T. **Ending Tropical Deforestation: Intact Tropical Forests: Log Them or Lose Them?** Washington, DC, 2018.

SOARES-FILHO, B.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D.; et al. Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 24, p. 10821–10826, 2010. Disponível em: <<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0913048107>>. .

THUILLER, W.; GEORGES, D.; ENGLER, R.; et al. **Package ‘biomod2’**. , 2016.

UHL, C.; KAUFFMAN, J. B. Deforestation, Fire Susceptibility, and Potential Tree Responses to Fire in the Eastern Amazon. **Ecology**, v. 71, n. 2, p. 437–449, 1990. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.2307/1940299>>. .

ZARIN, D. J., DAVIDSON, E. A., BRONDIZIO, E., VIEIRA, I. C., SÁ, T., FELDPAUSCH, T., ... & DUCEY, M. J. Legacy of fire slows carbon accumulation in Amazonian forest regrowth. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 3, n. 7, p. 365-369, 2005.

ZHANG, L.; LIU, S.; SUN, P.; et al. Consensus Forecasting of Species Distributions: The Effects of Niche Model Performance and Niche Properties. (S. Lötters, Org.) **PLOS ONE**, v. 10, n. 3, p. e0120056, 2015. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0120056>>.