



## **Alteração na adequabilidade ambiental em função das mudanças climáticas para *Ocotea porosa***

*Change in environmental suitability due to climate change for *Ocotea porosa**

ALVES SANTOS, Gabriela dos<sup>1</sup>; SIMINSKI, Alexandre<sup>2</sup>; MARCHIORO, Cesar Augusto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina, gabriellaalves23@gmail.com; <sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Catarina; alexandre.siminski@ufsc.br; c.marchioro@ufsc.br

### **Eixo Temático: Crise ecológica, e mudanças climáticas: resistências e impactos na agricultura, nas águas e nos bens comuns**

**Resumo:** As mudanças climáticas estão entre os principais fatores que têm causado a perda de biodiversidade em nível global. O aumento da temperatura e as alterações no regime de pluviosidade vem acarretando impactos diretos ao meio ambiente, como a redução nas áreas de adequabilidade ambiental e até mesmo a extinção regional de espécies. O estudo tem como objetivo avaliar o potencial impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição da *Ocotea porosa*. A modelagem de nicho ecológico foi realizada com o algoritmo *MaxEnt*. Os modelos previram uma diminuição de 69% na adequabilidade ambiental devido às mudanças climáticas para a espécie. Nossos resultados mostram que as mudanças climáticas oferecem um risco para a conservação da espécie estudada e servem de alerta para a importância da busca por abordagens para a conservação de espécies em um bioma altamente degradado.

**Palavras-chave:** Imbuia; modelos de nicho ecológico; impactos climáticos; perda de biodiversidade.

### **Introdução**

A crescente emissão de gases de efeito estufa pelas atividades antrópicas vêm acelerando e intensificando as mudanças climáticas em nível global (PECL *et al.*, 2017). A influência humana no sistema climático tem sido cada vez mais evidente desde a publicação do Quarto Relatório de Avaliação do IPCC em 2007. O Quinto Relatório de Avaliação (IPCC, 2014) indica que mais da metade do aumento observado na temperatura média global nos últimos 70 anos foi causado por atividades antropogênicas.

O aumento acelerado na temperatura traz impactos diretos ao meio ambiente, podendo causar alterações nas áreas de distribuição de espécies em todo o mundo (REIS *et al.*, 2019), como as reduções nas áreas de adequabilidade ambiental e até mesmo a extinção regional de espécies (THOM *et al.*, 2020).

As ameaças impostas pela perda de hábitat e as mudanças climáticas são ainda maiores para espécies de importância econômica, pois a superexploração e/ou exploração convencional, aumentam o risco de extinção. Esse é o caso da imbuia (*Ocotea porosa* [Nees & Martius] Barroso).

De acordo com Reitz, Klein & Reis (1978), a espécie é uma das árvores consideradas como mais importantes para o reflorestamento em áreas de



conservação, pois seus frutos são muito apreciados pelos pássaros, atuando como alimento para a avifauna (BACKES & IRGANG, 2009). Além disso, a espécie é um exemplo de árvore com grande potencial de uso na conservação, educação ambiental e turismo em unidades de conservação, ambientes urbanos e parques (SCIPIONI, 2019). Essa espécie foi extensivamente explorada no século XX devido à qualidade da sua madeira (REITZ *et al.*, 1983; CARVALHO, 1994) encontrando-se atualmente na lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, na categoria em perigo (MMA, 2022).

As técnicas de modelagem de nicho ecológico (MNE) são cada vez mais utilizadas para estimar áreas adequadas e avaliar os efeitos das mudanças climáticas na distribuição de espécies (SILLERO, 2011). Esta técnica pode ser empregada para diferentes finalidades, incluindo em trabalhos de recuperação ambiental, avaliação do potencial de ameaça de espécies invasoras, bem como avaliar o impacto das mudanças climáticas sobre a biodiversidade (PETERSON *et al.*, 2003a; PETERSON *et al.*, 2003b). Os modelos ajustados com base em dados climáticos atuais são projetados para os cenários futuros (SSPs), a fim de estimar a distribuição futura de espécies baseadas em cenários realistas de mudanças climáticas. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição da *Ocotea porosa*.

## **Materiais e métodos**

Os registros de ocorrência da *Ocotea porosa* foram obtidos da literatura e das bases on-line *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) e *SpeciesLink*. Ocorrências fora da área de distribuição conhecida das espécies de acordo com o Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFLORA) foram excluídas das análises. Para reduzir o viés de amostragem e gerar modelos com melhor desempenho foi aplicada uma filtragem espacial. Para isso, foi delimitada uma distância mínima de 20 km entre cada registro de ocorrência utilizando o pacote “spThin” (AIELLO-LAMMENS *et al.*, 2015) no ambiente estatístico R versão 4.3.1. Após o processo de filtragem, restaram 120 registros, que foram utilizados no processo de modelagem.

Para descrever as condições ambientais adequadas pelas espécies estudadas, foram empregados dados climáticos, de características físicas do solo e topográficos (altitude). Os dados sobre altitude e as variáveis bioclimáticas foram obtidos na base de dados do *WorldClim* na resolução de 5 arcminutos. As variáveis bioclimáticas derivam de registros mensais de temperatura e pluviosidade interpolados a partir de estações meteorológicas (FICK & HIJMANS *et al.*, 2017). Os dados climáticos foram obtidos para as condições climáticas atuais (1970 - 2000) e futuras (2040 e 2080), baseado em dois cenários de mudanças climáticas representando emissões de gases do efeito estufa intermediárias (SSP 245) e elevadas (SSP 585). Os dados de características do solo, como o teor de silte, argila e areia, bem como a profundidade para o leito rochoso, foram obtidas na base de dados do *SoilGrids* (HENGL *et al.*, 2017) na mesma resolução das variáveis bioclimáticas e de altitude.



Para evitar a inclusão de variáveis correlacionadas no modelo, foi realizada uma redução no número de preditores ambientais por meio de uma seleção prévia de variáveis não correlacionadas. A correlação entre as variáveis foi avaliada por meio da correlação de Pearson utilizando o pacote ENMTools no ambiente estatístico R (WARREN *et al.*, 2021). Os modelos de nicho ecológico foram desenvolvidos com o algoritmo de entropia máxima (*Maximum Entropy*) (PHILLIPS *et al.*, 2004). Mapas contínuos e binários foram utilizados para quantificar o impacto das mudanças climáticas sobre a adequabilidade ambiental e distribuição da *Ocotea porosa*. No caso dos mapas contínuos, as projeções futuras nos diferentes anos e cenários de mudanças avaliadas foram subtraídas do mapa com a adequabilidade estimada no presente.

Para quantificar as mudanças na distribuição prevista para a espécie, os mapas binários das projeções futuras foram comparados com a distribuição em condições climáticas do presente. Essa análise indica as áreas em que foram previstas redução, expansão e estabilidade na distribuição da espécie. Neste estudo, a porcentagem de mudança foi calculada para representar a mudança na distribuição da espécie em diferentes cenários de mudanças climáticas.

Seguindo as diretrizes da IUCN para classificação das categorias da Lista Vermelha, foi avaliado uma possível mudança na classificação da espécie no futuro devido às mudanças climáticas, utilizando a perda quantitativa prevista de habitat como um indicativo de declínio na qualidade do habitat. As categorias são “Vulnerável” (VU), “Em Perigo” (EN) e “Criticamente em Perigo” (CR). Para qualificar uma espécie como “vulnerável”, a perda qualitativa de habitat deve ser  $\geq 30\%$ , para “Em Perigo”  $\geq 50\%$  e para “criticamente em perigo”  $\geq 80\%$ .

## Resultados e Discussão

Os modelos previram uma diminuição na adequabilidade para *O. porosa* nos cenários SSP 245 e SSP 585. Essa diminuição é evidente principalmente na faixa oeste da distribuição da espécie. As regiões tidas como de alta adequabilidade atualmente podem ter reduções drásticas na adequabilidade para a espécie de até 16% no cenário SSP 245 e 35% o cenário SSP 585 no ano de 2080. As regiões previstas para permanecer com maior adequabilidade concentram-se principalmente na faixa leste da distribuição da espécie em ambos os cenários de mudanças climáticas avaliados.

Os mapas binários indicando as áreas adequadas para a espécie reforçam os resultados já mostrados com os mapas contínuos de adequabilidade. Os modelos previram uma redução na área de distribuição da espécie estudada, porém a intensidade dessa redução variou conforme, o ano e o cenário de mudanças climáticas. Uma redução de área de 25% em 2040 e 45% em 2080 foi prevista para *O. porosa* no cenário SSP 245. No cenário SSP 585 a perda foi estimada em 27% e 69% em 2040 e 2080, respectivamente. Em todos os cenários e anos avaliados, a perda de área ocorreu principalmente na margem norte, oeste e sul da distribuição



da imbuia. De acordo com os critérios da IUCN, a categoria de conservação da espécie mudaria de vulnerável no presente para ameaçada em 2080 no cenário SSP 585. Diante de um cenário de mudanças climáticas globais, é esperado que as mudanças climáticas influenciem negativamente na sua distribuição. Neste contexto, as mudanças climáticas podem ser um fator de risco adicional para conservação dessa espécie.

Apesar disso, até o momento nenhum estudo investigou o efeito das mudanças climáticas sobre a distribuição da *Ocotea porosa*. Esta informação é de grande valia para a definição de áreas prioritárias para a conservação, e dá suporte ao planejamento de ações futuras voltadas à conservação. Diante disso, diversos estudos utilizaram esses modelos para estimar mudanças na distribuição de diferentes plantas em função das mudanças climáticas, incluindo espécies de importância ecológica e econômica na Mata Atlântica (MARCHIORO *et al.*, 2020; TRINDADE *et al.*, 2020, WREGGE *et al.*, 2018, SILVA *et al.*, 2021, AGUIAR *et al.*, 2021).

## Conclusões

Os modelos desenvolvidos neste estudo previram uma grande redução nas áreas adequadas para a *Ocotea porosa* devido às mudanças climáticas, sendo que esse efeito foi mais drástico no cenário SSP 8.5. Esses resultados mostram que as mudanças climáticas são um risco adicional para a conservação da *Ocotea porosa* e sugerem que o status de conservação tende a piorar nas próximas décadas.

## Referências bibliográficas

AGUIAR, Jéssica. T.; HIGUCHI, Pedro; SILVA, Ana. C. Climatic niche determines the geographic distribution of myrtaceae species in brazilian subtropical atlantic forest. **Revista Árvore**, v. 45, p. e4501, 2021.

AIELLO-LAMMENS *et al.* spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. **Ecography**, v. 38, n. 5, p.541-545, 2015.

BACKES, Paulo; IRGANG, Bruno. E. **Ávores do Sul: Guia de Identificação e Interesse Ecológico**. 2. ed. Porto Alegre, RS, Brasil: Paisagem do Sul, p.332, 2009.

CARVALHO, Paulo. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 639 p., 1994.

FICK, Steve. & HIJMANS, Robert. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n.12, p. 4302-4315, 2017.



HENGL, Tomislav. *et al.* SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. **PLoS one**, v. 12, n. 2, p. e0169748, 2017.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Fifth Assessment Synthesis Report-Climate Change 2014 Synthesis Report**. IPCC Fifth Assess. Synth. Report-Climate Chang. 2014. Synth. Rep. p.167, 2014. Disponível em <<https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>>. Acessado em 15/08/2021.

MARCHIORO, Cesar. A; SANTOS, Karine. L; SIMINSKI, Alexandre. Present and future of the critically endangered *Araucaria angustifolia* due to climate change and habitat loss. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, v. 93, n. 3, p. 401-410, 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Portaria MMA no 443, de 17 de dezembro de 2014. **Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção**. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=18/12/2014&jornal=1&pagina=110&totalArqui-vos=144>> Acesso em 19/08/2021.

PECL, Gretta. T. *et al.* Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. **Science**, v. 355, n. 6332, p. eaai9214, 2017.

PETERSON, A. T.; PAPES, Monica.; KLUZA, Daniel. A. Predicting the potential invasive distributions of four alien plant species in North America. **Weed Science**. 51: (6): 863–868, 2003a.

PETERSON, A. T.; SCACHETTI-PEREIRA, Ricardo.; KLUZA, Daniel. A. Assessment of Invasive Potential of *Homalodisca coagulata* in Western North America and South America. **Biota Neotropica**. 3: (1), 2003b.

PHILLIPS, Steven. J.; DUDÍK, Miroslav; SCHAPIRE, Robert. E. A maximum entropy approach to species distribution modelling. In: **Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning**. 2004. v. 83, p. 655–662, 2004.

REIS, Cristiano. R. *et al.* Climate Change Influencing the Potential Distribution of a Brazilian Savanna Indicator Species. **Floresta e Ambiente**, v. 26, 2019.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira do Rio Grande do Sul: anais botânicos do herbário Barbosa Rodrigues. **Sellowia**, v. 34, n. 35, p. 34, 1983.

REITZ, Raulino. *et al.*, A. Projeto Madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí, n.28-30, p.3-320, 1978.

SCIPIONI, Marcelo. C. *et al.* Decline in Giant Tree Numbers: status report for Santa Catarina State and perspectives for Brazil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 26, n. 4, e20190039, 2019.



SILLERO, Neftalí. What does ecological modelling model? A proposed classification of ecological niche models based on their underlying methods. **Ecological Modelling**, v. 222, n. 8, p. 1343-1346, 2011.

SILVA, Mariéle. A. F.; HIGUCHI, Pedro; SILVA, Ana. C. Mudanças no clima e a distribuição potencial futura de *Mimosa scabrella* Benth: Influência das mudanças climáticas na bracatinga. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 18, n. 1, p. 116-128, 2021.

THOM, Gregory. *et al.* Climatic dynamics and topography control genetic variation in Atlantic Forest montane birds. **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 148, p. 106812, 2020.

TRINDADE, Weverton. C. F.; SANTOS, M. H.; ARTONI, R. F. Climate change shifts the distribution of vegetative types in South Brazilian hotspots. **Regional Environmental Change**, v. 20, p. 1-12, 2020.

WARREN, Dan. L. *et al.* ENMTools 1.0: an R package for comparative ecological biogeography. **Ecography**, v. 44, n. 4, p.504-511, 2021.

WREGGE, Marcos. S. *et al.* Zoneamento agroclimático do eucalipto para a região da Bacia do Paraná e em escala semidetalhada. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, v. 4., 2018, Ribeirão Preto. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.