



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS CURITIBANOS-SC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS E NATURAIS

Gabriela dos Santos Alves

**IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE
ESPÉCIES DO GÊNERO *Ocotea* AUBL AMEAÇADAS: SUBSÍDIOS PARA
CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO**

Curitibanos-SC
2023

Gabriela dos Santos Alves

**IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE
ESPÉCIES DO GÊNERO *Ocotea* AUBL AMEAÇADAS: SUBSÍDIOS PARA A
CONSERVAÇÃO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Mestra em Manejo e Conservação de Ecossistemas Agrícolas e Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Augusto Marchioro
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Siminski

Curitibanos-SC
2023

dos Santos Alves, Gabriela
IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE
ESPÉCIES DO GÊNERO *Ocotea* AUBL AMEAÇADAS: SUBSÍDIOS PARA A
CONSERVAÇÃO / Gabriela dos Santos Alves ; orientador, Cesar
Augusto Marchioro, coorientador, Alexandre Siminski, 2023.
109 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Campus Curitibanos, Programa de Pós-Graduação em
Ecossistemas Agrícolas e Naturais, Curitibanos, 2023.

Inclui referências.

1. Ecossistemas Agrícolas e Naturais. 2. Canela-preta. 3.
canela-sassafrás. 4. imbuia . 5. modelos de nicho ecológico. I.
Marchioro, Cesar Augusto. II. Siminski, Alexandre. III.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais. IV. Título.

Gabriela dos Santos Alves

**IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE
ESPÉCIES DO GÊNERO *Ocotea* AUBL AMEAÇADAS: SUBSÍDIOS PARA A
CONSERVAÇÃO**

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 26 de maio de 2023,
pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Maurício Sedrez Reis, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Amanda Köche Marcon, Dr.(a)
Universidade Federal do Paraná

Prof. Cesar Augusto Marchioro Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado
adequado para obtenção do título de Mestra em ciências.

Prof. Alexandre Siminski, Dr.
Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Cesar Augusto Machioro, Dr.
Orientador

Curitibanos - SC, 2023.

*“O fracasso não é razão para você desistir,
desde que continue acreditando.”*

Naruto Uzumaki

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, que iluminou o meu caminho durante esta caminhada, me deu forças e discernimento para concluir essa etapa, me proporcionando maravilhas e vitórias.

A minha mãe e ao meu padrasto, Sônia e Valtenor, pelo apoio e incentivo durante toda minha vida, em especial minha mãe pelo amor incondicional, pelos sacrifícios, pelas orações oferecida a mim, obrigada por tudo mãe, és meu maior tesouro.

As minhas irmãs, Lediane, Gleidiane e Beatriz pelo carinho, amizade, solidariedade, incentivo, conselhos. Obrigada por tudo, sinto muito orgulho de vocês, agradeço a Deus por serem minhas irmãs.

Aos meus orientadores Cesar e Alexandre que aceitaram me orientar e sempre estiveram disponíveis para me ajudar. Em especial ao meu orientador que sempre se fez presente.

A FAPESC pelo apoio financeiro com a concessão da bolsa

Aos meus queridos amigos (Juh, Júnior, Cris, Paty, Daniel, Claudinha, Marcela, Maurício, Maiza) pelo incentivo, amizade, palavras, risadas e resenhas obrigada por tudo amo vocês.

A Vitória Olivo, por todo carinho, amizade e resenhas e por está sempre comigo em todos os momentos da minha vida, obrigada por tudo, sou grata por tua amizade.

A Jaqueline pela amizade e por está sempre comigo em todos os momentos da minha vida e principalmente por cuidar de mim no meu momento mais crítico.

A tia Carmecim e o tio Valmir por todo carinho

Ao meu cunhado(a) Beto pelas palavras e incentivos.

A todos da turma do mestrado pelo companheirismo, fazendo dessa etapa uma parte tão enriquecedora.

Enfim agradeço a todos que, de alguma forma ou outra, ajudaram e incentivaram a realização desse trabalho, o meu muito obrigada!

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. Esses efeitos são ainda mais severos para espécies de importância econômica já impactadas pela exploração, desmatamento e a substituição do uso do solo em décadas passadas. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o potencial impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição de *Ocotea catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa*, visando auxiliar na definição de áreas prioritárias para a conservação com base na identificação de áreas climaticamente estáveis em remanescentes florestais, dentro de Unidades de Conservação (UC) e em áreas que demandam processos de restauração para adequarem-se à legislação vigente. A modelagem de nicho ecológico foi realizada com o algoritmo MaxEnt. Os pontos de ocorrência das espécies foram coletados na literatura e em bases online. Os dados bioclimáticos e de características físicas do solo foram adquiridos dos bancos de dados globais WorldClim e SoilGrids, respectivamente. As áreas preditas como adequadas no presente estão de acordo com a faixa de distribuição atual das espécies. A mudança no uso do solo nas áreas preditas como adequadas mostrou que áreas naturais continuam a ser convertidas para uso humano, principalmente para silvicultura. Os modelos previram uma diminuição na adequabilidade ambiental devido às mudanças climáticas para as três espécies. Essa diminuição foi estimada em até 67% para *O. catharinensis*, 86% para *O. odorifera* e 69% para *O. porosa*. Devido à essa redução, no futuro foi predito um déficit entre a área legalmente protegida e a área que demanda proteção para *O. catharinensis* e *O. porosa*. Atividades de restauração são uma opção para a conservação dessas espécies frente as mudanças, considerando que uma parcela significativa das áreas climaticamente estáveis se encontra em áreas que demandam restauração para se adequar ao Código Florestal Brasileiro. Nossos resultados mostram que as mudanças climáticas oferecem um risco para a conservação das espécies estudadas e servem de alerta para a importância da busca por abordagens para a conservação das espécies em um bioma altamente degradado.

Palavras chaves: Canela-preta, canela-sassafrás, imbuia, modelos de nicho ecológico.

ABSTRACT

Climate change has emerged as one of the major drivers of global biodiversity loss. Rising temperatures and changing precipitations patterns have directly impacted the environment, leading to reductions in suitable habitats and even regional species extinctions. These impacts are particularly severe for economically important species that have already been impacted in recent decades by factors such as exploitation, deforestation, and land use change. The objective of this study is to assess the potential impacts of climate change on the distribution of *Ocotea catharinensis*, *O. odorifera* and *O. porosa*, and to identify priority conservation areas based on the identification of climatically stable regions within remnant forest stands, protected areas, and areas that need to be restored to meet current regulations. To accomplish this, ecological niche modeling using the MaxEnt algorithm was conducted. Species occurrence data were obtained from the literature and online databases, while bioclimatic and soil data derived from the WorldClim and SoilGrids databases. Current predictions of suitable areas are consistent with the known distribution ranges of these species. Our analysis revealed a continuing trend of converting natural areas for human activities within the species distribution range. The models predicted a decline in environmental suitability due to climate change for all three species. This decline was estimated to reach up to 67% for *O. catharinensis*, 86% for *O. odorifera*, and 69% for *O. porosa*. As a result, a future gap between legally protected areas and areas in need of protection is expected for *O. catharinensis* and *O. porosa*. Given this decline, restoration efforts emerge as a viable option for conserving these species, given that a significant portion of climatically stable regions are located in areas requiring restoration to comply with the Brazilian Forest Code. Our results highlight the risks that climate change poses to the conservation of the species studied and the importance of developing conservation strategies in highly degraded biomes.

Keywords: Black cinnamon, sassafras cinnamon, walnut, ecological niche models.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estado de conservação das espécies <i>Ocotea catharinensis</i> , <i>O. odorifera</i> e <i>O. porosa</i> de acordo com as listas do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), da International Union for Conservation of Nature ((IUCN) e dos estados brasileiros com registro de ocorrência das espécies.	24
Figura 2- Temperatura média anual entre 1970 e 2000 e as mudanças previstas pelo modelo de circulação global do Centro Climático de Pequim de acordo com os cenários de mudança climática SSP 245 e SSP 585 em 2040 e 2080. As informações no mapa derivam d da base de dados WorldClim.....	27
Figura 3- Precipitação anual entre 1970 e 2000 e as mudanças previstas pelo modelo de circulação global do Centro Climático de Pequim de acordo com os cenários de mudança climática SSP 245 e SSP 585 em 2040 e 2080. As informações no mapa derivam da base de dados WorldClim.....	28
Figura 4- Registros da ocorrência de <i>Ocotea catharinensis</i> , <i>O. odorifera</i> e <i>O. porosa</i> utilizados no processo de modelagem.....	33
Figura 5- Estimativa de área ideal a ser protegida com base no tamanho da área de distribuição das espécies baseado em ALLAN et al., 2022.	39
Figura 6- Comparação entre os valores de AUC obtidos empiricamente e os simulados pelos modelos nulos para <i>Ocotea catharinensis</i> (A), <i>O. odorifera</i> (B) e <i>O. porosa</i> (C). Linhas vermelhas tracejadas e sólidas indicam, respectivamente, os percentis de 5% e 95%, enquanto a linha tracejada azul representa o valor de AUC observado.	41
Figura 7- Curvas de resposta das variáveis utilizadas na construção dos modelos de nicho ecológico para <i>Ocotea catharinensis</i> . Os gráficos mostram como a adequabilidade ambiental da espécie muda em função de cada uma das oito variáveis.	43
Figura 8- Curvas de resposta das variáveis utilizadas na construção dos modelos de nicho ecológico para <i>Ocotea odorifera</i> . Os gráficos mostram como a adequabilidade ambiental da espécie muda em função de cada uma das oito variáveis.....	44
Figura 9- Curvas de resposta das variáveis utilizadas na construção dos modelos de nicho ecológico para <i>Ocotea porosa</i> . Os gráficos mostram como a adequabilidade ambiental da espécie muda em função de cada uma das oito variáveis.....	45
Figura 10- Mapas de adequabilidade contínuos (A-C) e binários (D-F) para <i>Ocotea catharinensis</i> , <i>O. odorifera</i> e <i>O. porosa</i> estimados com base em dados climáticos do presente (1970 -2000) pelo algoritmo de aprendizado de máquina MaxEnt.	47

Figura 11- Diagrama de Sankey demonstrando a mudança no uso e cobertura do solo entre os anos de 1985 e 2021 dentro das áreas estimadas como adequadas para <i>Ocotea catharinensis</i> (A), <i>O. odorifera</i> (B) e <i>O. porosa</i> (C).	49
Figura 12- Mapas de adequabilidade ambiental para <i>Ocotea catharinensis</i> em condições climáticas atuais (1970-2000) e futuras (2040 e 2080) baseados em cenários de mudanças climáticas representando emissões intermediárias (SSP 245) e elevadas (SSP 585) de gases do efeito estufa.....	50
Figura 13- Mapas de adequabilidade ambiental para <i>Ocotea odorifera</i> em condições climáticas atuais (1970-2000) e futuras (2040 e 2080) baseados em cenários de mudanças climáticas representando emissões intermediárias (SSP 245) e elevadas (SSP 585) de gases do efeito estufa.....	51
Figura 14- Mapas de adequabilidade ambiental para <i>Ocotea porosa</i> em condições climáticas atuais (1970-2000) e futuras (2040 e 2080) baseados em cenários de mudanças climáticas representando emissões intermediárias (SSP 245) e elevadas (SSP 585) de gases do efeito estufa.....	52
Figura 15- Mudanças na distribuição de <i>Ocotea catharinensis</i> , <i>O. odorifera</i> e <i>O. porosa</i> no cenário de mudanças climáticas SSP 245 em 2040 e 2080. As categorias de conservação são baseadas na International Union for Conservation of Nature (IUCN): VU – vulnerável, EN – ameaçado; CR – criticamente ameaçado; e NE – não avaliado.	54
Figura 16- Mudanças na distribuição de <i>Ocotea catharinensis</i> , <i>O. odorifera</i> e <i>O. porosa</i> no cenário de mudanças climáticas SSP 585 em 2040 e 2080. As categorias de conservação são baseadas na International Union for Conservation of Nature (IUCN): VU – vulnerável, EN – ameaçado; CR – criticamente ameaçado; e NE – não avaliado	55
Figura 17- Mudança na direção e distância do centro da distribuição de <i>Ocotea catharinensis</i> (A), <i>O. odorifera</i> (B) e <i>O. porosa</i> (C) em diferentes anos (2050 e 2080) e cenários de mudanças climáticas (SSP 245 e SSP 585).	56
Figura 18- Porcentagem das áreas previstas como adequadas para <i>Ocotea catharinensis</i> (A), <i>O. odorifera</i> (B) e <i>O. porosa</i> (C) em áreas legalmente protegidas (unidades de conservação) e diferença entre a proporção de proteção mínima e observada em diferentes anos (2050 e 2080) e cenários de mudanças climáticas (SSP 245 e SSP 585).	58
Figura 19- Porcentagem das áreas adequadas para <i>O. catharinensis</i> (A), <i>O. odorifera</i> (B) e <i>O. porosa</i> (C) que demandam restauração para se adequarem ao código florestal brasileiro..	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Variáveis climáticas obtidas na base de dados do WorldClim e do SoilGrids.....	34
Tabela 2- Desempenho dos modelos selecionados para <i>Ocotea catharinensis</i> , <i>O. odorifera</i> e <i>O. porosa</i> com base na Área sob a Curva ROC (AUC) e o Índice Contínuo de Boyce (CBI). Os melhores modelos foram selecionados com o Critério de Informação de Akaike Corrigido (AICc).....	40
Tabela 3- Importância da permutação (%) das variáveis utilizadas no desenvolvimento dos modelos para <i>Ocotea catharinensis</i> , <i>O. odorifera</i> e <i>O. porosa</i> . As variáveis destacadas em negrito estão entre as três mais importantes, enquanto as células sem valores indicam variáveis que não fizeram parte do modelo.	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AICc	Corrected Akaike Information Criterion
AUC	Area Under the Curve
BCC	Beijing Climate Center Climate System Model
Bio1	Temperatura média anual (°C)
Bio4	Sazonalidade da temperatura (desvio padrão *100)
Bio5	Temperatura máxima do mês mais quente (°C)
Bio6	Temperatura máxima do mês mais frio (°C)
Bio7	Variação anual da temperatura (°C)
Bio12	Precipitação anual (mm)
Bio13	Precipitação do mês mais chuvoso (mm)
Bio14	Precipitação do mês mais seco (mm)
Bio15	Sazonalidade da precipitação (mm)
BIOCLIM	<i>Bioclimatic variables</i>
CBI	<i>Continuous Boyce Index</i>
CNCFlora	Centro Nacional de Conservação da Flora
CNRM-CM6	<i>Centre National de Recherches Meteorologiques</i>
CNRM-ESM2	<i>Centre National de Recherches Meteorologiques - Earth System Model Version 2</i>
CR	Criticamente Ameaçado
DAP	Diâmetro na altura do peito
EN	Ameaçado
ENFA	<i>Ecological Niche Factor Analysis</i>
ESM	<i>Earth System model</i>
FOM	Floresta Ombrófila Mista
GAM	<i>Generalised Additive Models</i>
GARP	<i>Genetic Algorithm for Rule Set Production</i>
GBIF	<i>Global Biodiversity Information Facility</i>
GEEs	Gases de efeito de estufa
GLM	<i>Generalised Linear Models</i>
H	<i>Hinge</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IUCN	União Internacional para a Conservação da Natureza
L	<i>Linear</i>
LQ	<i>Linear quadratic</i>
LQH	<i>Linear quadratic hinge</i>
LQHPT	<i>Linear, quadratic, hinge, product, threshold</i>
MAXENT	Maximum Entropy Modeling
MIROC	<i>Model for Interdisciplinary Research on Climate</i>
MIROC6	<i>Model for Interdisciplinary Research on Climate Version six</i>
MNE	Modelagem de nicho ecológico
MRI	<i>Meteorological Research Institute</i>
NE	Não avaliado
ONU	Organização das Nações Unidas
P	<i>Product</i>
Q	<i>Quadratic</i>
RCPs	Representative Concentration Pathways
RF	<i>Random Forest</i>
ROC	Curva Característica de Operação
T	<i>Threshold</i>
UC	Unidade de Conservação
VU	Vulnerável

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 REVIÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 A FAMÍLIA LAURACEAE.....	18
3.2 O GÊNERO <i>Ocotea</i> ABUL.....	19
3.3 ESPÉCIES ESTUDADAS.....	20
3.1.1 <i>Ocotea catharinensis</i>	20
3.1.2 <i>Ocotea odorífera</i>	21
3.1.3 <i>Ocotea porosa</i>	22
3.4 O BIOMA MATA ATLÂNTICA E FRAGMENTAÇÃO.....	24
3.5 MUDANÇAS CLIMÁTICAS	25
3.6 MODELOS DE NICHOS ECOLÓGICO	28
3.7 ESTRATÉGIAS PARA A CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE ESPÉCIES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO	30
4 MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 REGISTROS DE OCORRÊNCIA	32
4.2 VARIÁVEIS AMBIENTAIS	33
4.3 MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICO	35
4.4 ANÁLISES ESPACIAIS	37
4.5 MUDANÇAS NO USO DO SOLO NA ÁREA ADEQUADA PARA AS ESPÉCIES	37
4.6 QUANTIFICAÇÃO DA MUDANÇA NA DISTRIBUIÇÃO DEVIDO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	38
4.7 ÁREAS ADEQUADAS LEGALMENTE PROTEGIDAS.....	38
4.8 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RESTAURAÇÃO.....	39
5 RESULTADOS	40
5.1 SELEÇÃO E DESEMPENHO DO MELHOR MODELO	40
5.2 CONTRIBUIÇÃO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS	41
5.3 DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES EM CONDIÇÕES CLIMÁTICAS ATUAIS ...	45

5.4	MUDANÇA NO USO DO SOLO NAS ÁREAS PREDITAS COMO ADEQUADAS.....	48
5.5	ALTERAÇÃO NA ADEQUABILIDADE AMBIENTAL EM FUNÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	49
5.6	MUDANÇA DE CENTROIDE DA DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES	56
5.7	DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES EM ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS	57
5.8	DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES EM ÁREAS QUE DEMANDAM RESTAURAÇÃO.....	58
6	DISCUSSÃO.....	59
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
	REFERÊNCIAS	65
	ANEXOS	80

1 INTRODUÇÃO

Em 2019, a ONU divulgou um relatório sobre o impacto causado pelo homem no ambiente mostrando que quase 1 milhão de espécies de animais e plantas correm risco de extinção. O mesmo relatório estima que cerca de 75% das terras do mundo foram degradadas (ONU, 2019; SHAH, 2014; VALENTE; PETEAN; VETTORAZZI, 2017; IPCC, 2021). Como resultado, as paisagens foram fragmentadas e as áreas naturais encontram-se cercadas por uma matriz de paisagens antropizadas. Essa fragmentação do hábitat impacta diretamente os processos ecológicos e, conseqüentemente, leva à perda de biodiversidade (TANNIER *et al.*, 2016). O Brasil é um país megadiverso que apresenta enorme riqueza florística e faunística (MAPBIOMAS, 2021; MMA, 2022). Tamanha biodiversidade demonstra a importância da conservação e uso sustentável dos biomas, já que cerca de 60% das espécies ameaçadas de extinção estão em territórios protegidos e áreas de conservação (VIEIRA, 2014).

O Brasil é constituído por seis biomas que, devido ao processo de ocupação do país, já sofreram significativas intervenções. A Mata Atlântica é um exemplo de bioma brasileiro que sofreu perda drástica da sua cobertura original em decorrência da ocupação urbana e uso agrícola. Os elevados níveis de degradação ambiental já colocam a Mata Atlântica na lista de biomas prioritários para conservação em nível mundial e, atualmente, a Mata Atlântica conta com aproximadamente 12.4% da sua cobertura vegetal nativa (MYERS *et al.*, 2000; SOS MATA ATLANTICA; INPE, 2021).

Além da perda de hábitat, outro fator que tem contribuído para o aumento na degradação ambiental são as mudanças climáticas (IBPES, 2019), que são alterações na temperatura e nos regimes de pluviosidade em decorrência do aumento na concentração de gases do efeito estufa na atmosfera (IPCC, 2021). A crescente emissão de gases de efeito estufa pelas atividades antrópicas vem 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 último relatório (Sixth Assessment Report Climate Change 2021: The Physical Science Basis) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), foi ainda mais taxativo ao afirmar que os seres humanos são os principais responsáveis pelo aquecimento global devido principalmente ao desmatamento e à emissão de gases do efeito estufa (MILLER, 2021; IPCC, 2021).

Tais mudanças vêm acarretando vários distúrbios, entre eles o aumento da temperatura, elevação do nível do mar, além do aumento na ocorrência fenômenos meteorológicos extremos (CHAVES *et al.*, 2017), fatores que afetam a ocorrência de espécies em uma determinada região. De acordo ao IPCC, atualmente a temperatura média global pode chegar a aproximadamente 1,5°C acima dos níveis da era pré-industrial. As principais causas dessa elevação na temperatura são de origem antrópica, como a transformação de florestas naturais em áreas agrícolas ou urbanas, a queima de combustíveis fósseis, e a intensa exploração madeireira, entre outros (IPCC, 2018). 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), bem como reduções nas áreas de adequabilidade ambiental e até mesmo a extinção regional de espécies (THOM *et al.*, 2020).

Estudos foram desenvolvidos para subsidiar pesquisas sobre as mudanças climáticas e permitir uma análise mais realista dos futuros impactos e das consequências da redução na emissão de gases do efeito estufa (MOSS *et al.*, 2008, 2010). Com base nisso, foi proposto um novo conjunto de cenários a serem usados em futuras pesquisas climáticas, denominados “Shared Socioeconomic Pathways” (SSPs) (VAN VUUREN *et al.*, 2014; O’NEILL *et al.*, 2013). Os SSPs descrevem cinco possíveis trajetórias de desenvolvimento que resultam em posições diferentes da sociedade com relação à capacidade de mitigar ou adaptar-se às mudanças climáticas (O’NEILL *et al.*, 2013). Essas trajetórias variam de uma mudança gradual e de forma generalizada para um mundo mais sustentável (SSP1) até uma sociedade cujo desenvolvimento econômico e social ainda é baseado na queima de combustíveis fósseis (SSP5).

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 o aumentam o risco de extinção. Esse é o caso da canela-preta (*Ocotea catharinensis* Mez.), canela-sassafrás (*Ocotea odorifera* [Vellozo] Rohwer), e a imbuia (*Ocotea porosa* [Nees & Martius] Barroso), de ocorrência predominante na Mata Atlântica. Além de ocorrerem em um bioma ameaçado, essas espécies foram extensivamente exploradas no século XX devido à qualidade da sua madeira no caso da canela-preta e a imbuia, e à produção de óleo utilizado na indústria química e farmacêutica no caso da canela-sassafrás (REITZ *et al.*, 1983; CARVALHO, 1994). Atualmente, essas árvores encontram-se na lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, na categoria de vulnerável e ameaçada (MMA, 2022). Nesse contexto, compreender como ocorreu a mudança no uso e ocupação do solo dentro das

áreas ambientalmente adequadas, bem como o impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição dessas espécies é fundamental para a proposição de estratégias de conservação.

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). A MNE vem sendo muito utilizada para auxiliar trabalhos voltados às áreas da conservação, biogeografia, ecologia e evolução (GUISAN; THUILLER, 2005). Na MNE, diferentes algoritmos podem ser empregados para associar variáveis ambientais e registros de ocorrência das espécies com o objetivo de estimar as condições ambientais propícias à ocorrência das espécies (SIQUEIRA, 2005). 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 baseados em cenários realistas de mudanças climáticas. Essa informação pode ser utilizada para definição de áreas prioritárias para a conservação das espécies em áreas climaticamente estáveis (também chamadas de refúgios climáticos), ou seja, áreas climaticamente adequadas no presente e que permanecerão assim no futuro.

Dada a magnitude das alterações de temperatura, pluviosidade e ocorrência de eventos extremos de seca e precipitação previstas para as próximas décadas, foi hipotetizado que as mudanças climáticas afetarão a distribuição das espécies do gênero *Ocotea* estudadas e, conseqüentemente, exigirão readequação da delimitação de áreas prioritárias e da proposição de estratégias para sua conservação em longo prazo. Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo principal avaliar o impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição de *O. catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa*, visando auxiliar na definição de áreas prioritárias para a conservação com base na identificação de áreas climaticamente estáveis em remanescentes florestais, dentro de Unidades de Conservação (UC) e em áreas que demandam processos de restauração para adequarem-se à legislação vigente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição de *O. catharinensis*, *O. odorífera* e *O. porosa*, visando auxiliar na definição de áreas prioritárias para a conservação com base na identificação de áreas climaticamente estáveis.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

I- Estimar a distribuição das espécies baseado em dados climáticos atuais e em cenários futuros de mudanças climáticas;

II- Estimar a mudança na distribuição das espécies em função das alterações climáticas;

III- Identificar refúgios climáticos para as espécies estudadas;

IV- Combinar informações sobre os refúgios climáticos, a existência de áreas protegidas, de remanescentes florestais e de áreas que demandam restauração para a proposição de áreas prioritárias para conservação e restauração.

3 REVIÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A FAMÍLIA LAURACEAE

A família Lauraceae Juss. pertencente a ordem Laurales, é composta por espécies arbóreas e arbustivas, com exceção do gênero *Cassytha* que compreende espécies hemiparasitas. Sua distribuição é predominantemente tropical, sendo encontrada na América, Ásia, Austrália e na África (ROHWER, 1993; VAN DER WERFF & RICHTER, 1996). Na região Neotropical é um grupo de grande diversidade e importância ecológica, sendo composto por aproximadamente 50 gêneros e 3000 espécies (VAN DER WERFF & RICHTER, 1996), dos quais 23 gêneros e 434 espécies são encontradas no Brasil (BARROSO *et al.*, 2002, QUINET *et al.*, 2010). No Brasil, as espécies que mais se destacam com relação à diversidade

são principalmente aquelas do gênero *Ocotea* Aubl. e *Nectandra* Rol. ex Rottb. (QUINET *et al.*, 2015).

Diversos representantes do grupo possuem importância econômica e são utilizados para variados fins, sendo muitas espécies utilizadas como fornecedoras de madeiras de alta qualidade, extração de óleos essenciais, princípios medicinais, em reflorestamentos, arborização e paisagismo (MARQUES, 2001; VAN DER WERFF & RICHTER, 1996). Substâncias aromáticas são extraídas de algumas espécies, como a canela-sassafrás (*O. odorifera*) e o pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). A madeira das lauráceas (*Ocotea*, *Nectandra* e *Mezilaurus*) é amplamente explorada em diversas regiões para diferentes finalidades devido a sua alta durabilidade e resistência (VICENTINI *et al.*, 1999). Além disso, espécies como o abacate (*Persea americana* Mill.), a canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) e o louro (*Laurus nobilis* L.), são muito utilizadas na alimentação VAN DER WERFF & RICHTER, 1996; COE-TEIXEIRA, 1980).

Na região Neotropical, a Lauraceae se destaca entre as famílias que mais contribuem para a riqueza de espécies em diferentes comunidades, especialmente nas florestas (GENTRY, 1988). Os frutos das lauráceas são utilizados como recurso alimentar por diversas espécies animais. Na Mata Atlântica, seus frutos são normalmente consumidos por frugívoros de médio e grande porte (TABARELLI & PERES, 2002), tais como bugios, muriquis, cotingas, tucanos, araçaris, jacus e jacutingas (MORAES, 1992; PETRONI, 1993; GALETTI, 1995; GALETTI & PIZO, 1996; HÖFLING & CAMARGO, 1996; SICK, 1997). As aves que se alimentam dos frutos contribuem para a dispersão das sementes (MOERMOND & DENSLOW, 1985; WHEELWRIGHT, *et al.*, 1984). Além da importância ecológica, muitas espécies dessa família apresentam valor econômico o que, juntamente com e a ausência de programas de manejo florestal, colocam algumas das espécies da família em perigo de extinção (MARQUES, 2001).

3.2 O GÊNERO *Ocotea* ABUL.

O gênero *Ocotea* Aublet, 1775 se destaca como o de maior riqueza de espécies entre as lauráceas da região tropical, contando com pelo menos 300 espécies distribuídas desde o sul da Flórida, nos Estados Unidos, até a Argentina (VAN DER WERFF, 1991). No Brasil, estimativas sugerem a existência de aproximadamente 160 espécies (VAN DER WERFF, 1991; BAITELLO, 2001). O gênero é descrito taxonomicamente como árvores ou arbustos que apresentam folhas lauroides e flores unissexuadas ou bissexuadas (VAN DER WERFF, 1991). Ecológicamente, o gênero *Ocotea* apresenta uma forte relação com insetos, mamíferos e

pássaros, com influências sobre a polinização, dispersão e regeneração das florestas (BROTTO *et al.*, 2010), além de ser um gênero bastante expressivo em número de espécies que compõem a flora arbórea nas diferentes formações florestais.

Algumas espécies dessa família aparecem entre as espécies mais representativas da Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista (RODERJAN *et al.*, 2002). Representado por 11 espécies na Floresta Ombrófila Mista e 18 espécies em na Floresta Ombrófila Densa e, ainda 8 espécies em Floresta Estacional Semidecidual, (SCHEER & BLUM, 2011). *Ocotea* merece destaque devido às inúmeras espécies que são utilizadas para os mais diferentes fins econômicos. A importância econômica desse gênero diz respeito principalmente à utilização da madeira de excelente qualidade, o uso culinário, na fabricação de papel, e nas indústrias química e farmacêutica (KLEIN, REIS, REITZ, 1979; INOUE *et al.*, 1984; MARQUES, 2001). Dentre essas espécies, destacam-se a canela-preta (*O. catharinensis*), canela-sassafrás ou sassafrás (*O. odorifera*) e a imbuia (*O. porosa*).

3.3 ESPÉCIES ESTUDADAS

3.1.1 *Ocotea catharinensis*

A espécie *O. catharinensis*, popularmente conhecida como canela-preta, é nativa da Mata Atlântica e ocorre no Sul e Sudeste brasileiro (JACKSON & MILLER, 2015), sendo predominantemente encontrada na Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina. A espécie adulta pode alcançar cerca de 45m de altura e 150 cm ou mais de diâmetro na altura do peito (DAP) (CARVALHO, 1994). Apresenta folhas opostas, coriáceas, simples (REITZ *et al.*, 1978). Suas inflorescências são do tipo racemos pequenos axilares, paucifloras, e as flores são hermafroditas com lobos perigonais triangulares. O fruto, uma baga elipsóide, é envolvido pela cúpula hemisférica até perto da metade (REITZ *et al.*, 1978).

A espécie possui grande importância ecológica, atuando como fornecedora de alimento à fauna, tendo como dispersores de sementes espécies como o maior primata das Américas e criticamente ameaçado de extinção, mono-carvoeiro (*Brachyteles arachnoides* GEOFROY, 1806) (MORAES & PAOLI, 1995). A canela-preta possuiu grande importância econômica pela produção de madeira, que é resistente a xilófagos (REITZ *et al.*, 1978, CARVALHO, 2003). A madeira é indicada para construção civil e naval e marcenaria, além de fornecer lenha de ótima qualidade (REITZ *et al.*, 1978; CARVALHO, 2003). Também foi de grande importância na produção de óleos essenciais (CARVALHO, 1994).

3.1.2 *Ocotea odorifera*

Devido a sua importância econômica, a *O. odorifera* (canela-preta) esteve na relação das espécies madeireiras mais procuradas e chegou a representar um terço do volume de madeiras existentes em um hectare em Santa Catarina (LAYTANO 1959, REITZ et al., 1978). A intensa exploração extrativista ocasionou a redução do número de indivíduos e das populações, levando a espécie ao risco de extinção (IBAMA, 1992, VARTY & GUADAGNIN, 1999). Desde os anos 90 é considerada como ameaçada de extinção (IBAMA, 1992), e atualmente se encontra na lista de ameaçadas do Brasil e do CNCFlora (MMA, 2014; CNCFlora, 2016), e da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) classificada como “Vulnerável”. Além disso, em algumas regiões do Brasil a espécie está listada como vulnerável nos estados (RS, PR, SP), enquanto em Santa Catarina encontra-se em um estado de criticamente ameaçada (IUNC, 2022).

A canela-sassafrás é endêmica do Brasil e possui ampla distribuição que se estende desde o Sul até o Nordeste (Bahia). Essa espécie ocorre no Cerrado, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacional Semidecidual (CARVALHO, 2003, FLORA DO BRASIL, 2017, 2020). Tem preferência por climas cujas temperaturas médias anuais variam entre 16 e 24 °C (CARVALHO, 2005).

A espécie apresenta um grande porte podendo alcançar entre 8 e 25 m de altura e 50 a 70 cm de DAP (REITZ et al., 1978; LORENZI, 2008; BROTTTO et al., 2013). As folhas são elípticas e obovadas, lanceoladas a oblanceoladas, glabras, apresentando de 7 a 14 cm de comprimento (LORENZI, 2008). Apresenta flores bissexuadas, polinizadas por abelhas e pequenos insetos, inflorescências paniculadas terminais, composta por flores pequenas, hermafroditas, perfumadas e de coloração branco-amarelada (LORENZI; MATOS, 2002). Os frutos são envolvidos por uma cúpula com cotilédones crassos e superfície lisa, encerrando uma pequena plúmula e radícula (CETNARSKI-FILHO & NOGUEIRA, 2004). São dispersos por aves e mamíferos de pequeno porte tais como macacos e pequenos roedores (CARVALHO, 2003)

A madeira da canela-sassafrás era indicada para várias finalidades, entre as quais a construção civil, marcenaria, e extração de óleo essencial rico em safrol (REITZ et al., 1978; CARVALHO, 2003). A canela-sassafrás foi amplamente explorada devido à produção do óleo essencial volátil, que era utilizado na fabricação de inseticidas, cosméticos e produtos farmacêuticos (DALMASO et al., 2013). Entre as décadas de 1940 a 1970, a espécie teve sua maior taxa de exploração, quando grandes quantidades de madeira foram extraídas das florestas

e aliada à ausência de aplicação de técnicas adequadas de manejo, levou à diminuição das populações. Um outro fator que agrava a conservação da *O. odorifera* está relacionado à reprodução e à dispersão da espécie, que prejudicam a sua regeneração natural, tais como produção irregular de sementes, o grande distanciamento entre as árvores, a redução das populações dos agentes polinizadores e dispersores e o baixo vigor das sementes (CARVALHO, 2005; SANTA-CATARINA; MACIEL; PEDROTTI, 2001).

O extenso histórico de exploração resultou na inclusão da espécie nas listas de ameaçadas de extinção do IBAMA na categoria “Ameaçada” (OBRZUT; CARVALHO, 2011; MMA, 2014; BRASIL, 2014, 2016; ZANOTELLI; KISSMANN, 2017). Curiosamente, a canela-sassafrás consta como vulnerável na lista de espécies ameaçadas da IUCN com o seu nome antigo, *Ocotea pretiosa* (Figura 1). Na lista oficial do IBAMA e IUCN e nos estados do RS, PR, SP, RJ e MG a espécie está listada como ameaçada; enquanto em Santa Catarina não encontra registro sobre o estado de conservação da espécie (IUNC, 2022).

3.1.3 *Ocotea porosa*

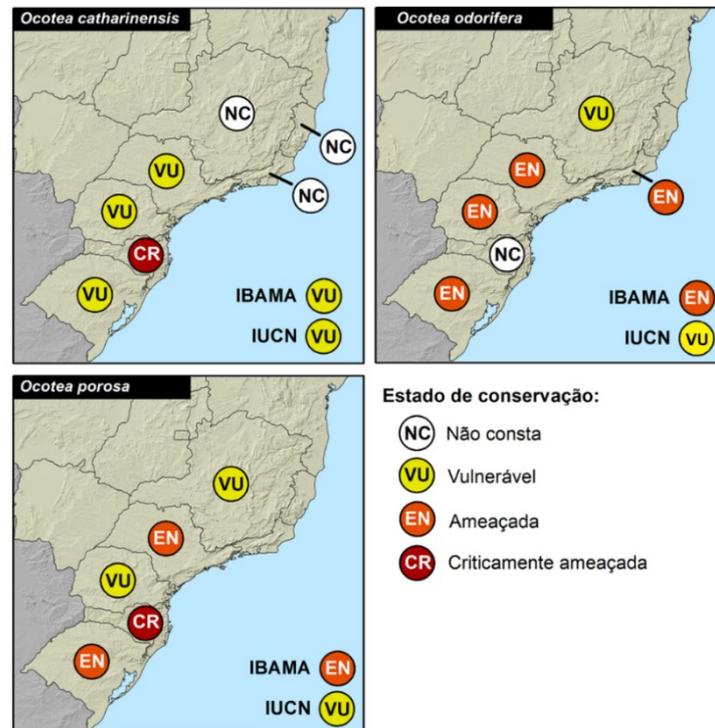
A *Ocotea porosa* (imbuia) está distribuída entre o sul e sudeste do Brasil, podendo ser encontrada também em algumas regiões do Paraguai (CARVALHO, 2003, SOBRAL *et al.*, 2013, FLORA DO BRASIL, 2020, 2017). No estado de Santa Catarina, é reconhecida pela Lei Estadual nº 4.984 de 07/12/1983 como a espécie arbórea símbolo. Era uma das espécies mais comuns na Floresta Ombrófila Mista do planalto norte catarinense, mas pode ocorrer eventualmente em áreas de maior altitude da Floresta Ombrófila Densa (REITZ *et al.*, 1978, MAÇANEIRO *et al.*, 2016).

A imbuia é uma árvore de grande porte que pode atingir de 15 a 20 metros de altura e com um DAP que varia de 50 a 150 cm (REITZ *et al.*, 1978). A espécie apresenta troncos geralmente grossos e inclinados com ramificação pesada a baixa altura (entre 3 e 6 metros), formando copa ampla e alta, ocupando o dossel superior da floresta. Sua folhagem é pouco densa, apresentando coloração verde-clara muito característica. As folhas são simples, alternas, inteiras e oblongo-lanceoladas, comumente medindo de 6 a 10 cm de comprimento por 1,5 a 2 cm de largura (REITZ *et al.*, 1978, BROTTTO *et al.*, 2013). Podendo ultrapassar 500 anos de vida (CARVALHO, 1994). A espécie possui flores bissexuadas, polinizadas especialmente por abelhas (CARVALHO, 2003). Em Santa Catarina, a floração acontece de outubro a dezembro (REITZ *et al.*, 1978), e seus frutos e sementes são dispersos por aves e mamíferos (CARVALHO, 2003). 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 uma árvore com grande potencial de conservação e uso para educação ambiental e uso turístico em unidades de conservação ambientes urbanos ou parques (SCIPIONI, 2019).

A imbuia está presente na lista oficial da flora brasileira como espécie ameaçada de extinção na categoria em perigo (EN), que é a de segunda de maior grau de ameaça, e na categoria “Vulnerável” na lista da IUCN (Figura 1). A espécie sofreu uma drástica redução no tamanho populacional nos últimos anos, estimada pelo declínio registrado na área ocupada pela espécie, na extensão de ocorrência, na qualidade do habitat e nos níveis de exploração (CNC FLORA, 2021). Na Lista de Flora Ameaçada do Estado do Paraná, a mesma é também listada como vulnerável. Já na Lista Oficial de Espécies da Flora Ameaçada de Extinção do Estado de Santa Catarina (Resolução CONSEMA nº 51, de 05 de dezembro de 2014) é listada como Criticamente em Perigo e por fim no Decreto nº 52.109, de 1º de dezembro de 2014, que lista as espécies da flora ameaçadas do Rio Grande do Sul a espécie é listada como em perigo, sendo suas principais ameaças a exploração madeireira. A imbuia teve uma extração muito intensa devido à qualidade da sua madeira, sendo utilizada na fabricação de móveis, construção civil em função da aparência de seu lenho moderadamente pesado e resistente ao ataque de fungos (AMATO, 2008; BACKES & IRGANG, 2009).

Figura 1- Estado de conservação das espécies *Ocotea catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa* de acordo com as listas do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), da International Union for Conservation of Nature ((IUCN) e dos estados brasileiros com registro de ocorrência das espécies.



Fonte: Elaborado pela autora

3.4 O BIOMA MATA ATLÂNTICA E FRAGMENTAÇÃO

A Mata Atlântica é o bioma que mais sofreu mudanças na sua cobertura vegetal, seguidas dos biomas Cerrado, Amazônia e Pampa (SOUZA *et al.*, 2020). De acordo com Souza *et al.*, (2020), em 33 anos, aproximadamente, 36,5% da área total do Brasil apresentou algum tipo de mudança relacionada a perda da vegetação para a pecuária e atividades agrícolas. A Mata Atlântica, é a segunda maior floresta da América do Sul, e é uma das mais devastadas do mundo (SAFAR *et al.*, 2020), sendo um dos 36 hotspots globais de biodiversidade (REZENDE *et al.*, 2018). Atualmente, está reduzida em aproximadamente 28% da sua cobertura original (REZENDE *et al.*, 2018), e esse desmatamento resultou em uma paisagem extremamente fragmentada (LIRA *et al.*, 2012). Hoje encontra-se em um cenário com um mosaico de extensas áreas degradadas e por pequenas áreas conservadas, distribuídas principalmente em áreas de agricultura, pastagens e cidades (ZAÚ, 1998; FRANKE *et al.*, 2005; MARQUES & GRELE 2021).

O aumento do desmatamento mantém o bioma em um grau elevado de ameaça e risco. Ademais, a conservação e a restauração do bioma são fundamentais para garantir serviços ecossistêmicos da população, economia brasileira, bem como combater emergência das mudanças climáticas. Os relatórios do MapBiomas têm apontado que mais de 90% dos desmatamentos da Mata Atlântica têm indícios de ilegalidade, e devido essas ilegalidades a vegetação vem sofrendo diversos tipos de ameaças (ARROYO-RODRIGUEZ *et al.*, 2017; SILVEIRA *et al.*, 2019), sendo uma das principais a mudança no uso da terra (POORTER *et al.*, 2016) provocada pela substituição das florestas pela agricultura, urbanização e industrialização (SCARANO; CEOTTO, 2015).

A Mata Atlântica é caracterizada como um ambiente estruturalmente complexo que abriga diversas comunidades biológicas e é composta por diferentes fitofisionomias, como a Floresta Ombrófila Mista (FOM), Floresta Ombrófila Densa (FOD), Floresta Estacional Decidual e (FED) e a Floresta semi-decídua (FSD) (NASCIMENTO; LONGHI; BRENA, 2001). Dentre as espécies que contribuem para a caracterização dessas fitofisionomias encontra-se *O. catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa*. (SANTA-CATARINA; MACIEL; PEDROTTI, 2001; DALMASO *et al.*, 2013).

3.5 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O Brasil é o sétimo país que mais emite gases de efeito estufa do mundo (GEEs), sendo 69% dessas emissões decorrentes das mudanças no uso da terra com atividades vinculadas à agricultura e ao desmatamento (SEEG, 2021). A relação entre desmatamento e as mudanças climáticas é cada vez mais tratada como uma política interconectada, visto que as florestas desempenham um papel importante no sequestro de carbono e na regulação do clima em escala global (BUIZER *et al.*, 2014, PREVEDELLO *et al.*, 2019). O desmatamento vem modificando diretamente o ambiente; deixando o clima mais quente e seco. Tal alteração tem implicado na perda de biodiversidade em consequência de alterações nos ciclos de vida vegetal e animal (NOBRE *et al.*, 2016).

Nas últimas décadas, as mudanças climáticas decorrentes de ações antrópicas sobre o planeta tornaram-se um dos principais temas de estudos ambientais. Existem registros de aumentos na temperatura causados pelos gases de efeito estufa na atmosfera e mudança no uso da terra (IPCC, 2014), e de eventos climáticos extremos em todo o mundo, tais como ocorrência de secas, enchentes e intensificação de ciclones e tornados (MARENGO, 2014). Também existem fortes evidências de que a emissão de gases do efeito estufa e seu acúmulo na atmosfera

são os principais responsáveis pelas mudanças climáticas, que podem causar impactos diretos nos ecossistemas (COAKLEY & SCHERM, 1996, GHINI *et al.*, 2011).

Em recente estudo do último relatório do IPCC, cientistas revelam que a ação humana afeta todos os principais componentes do sistema, sendo que alguns respondem a essas atividades há décadas e, outros, há séculos. O relatório deixa claro que, embora os fatores naturais modulem as mudanças causadas pelo homem, especialmente em níveis regionais e no curto prazo, eles terão pouco efeito no aquecimento global de longo prazo (IPCC, 2021).

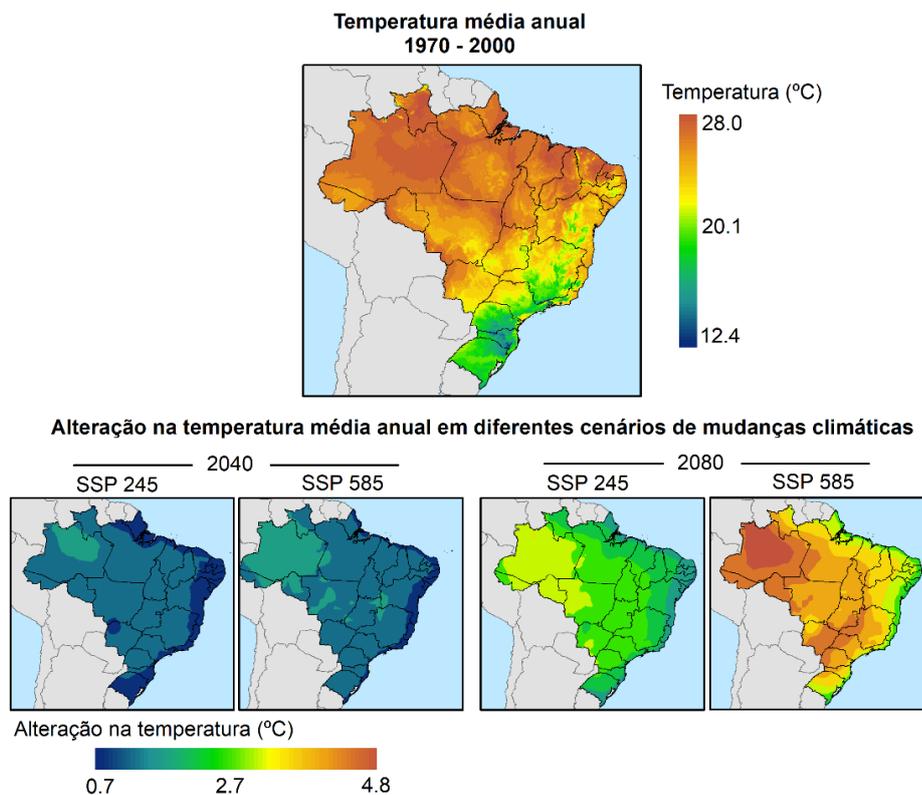
A concentração de dióxido de carbono na atmosfera atingiu os maiores valores nos últimos anos (LÜTHI *et al.*, 2008, CASADEI *et al.*, 2019, HOEGH-GULDBERG *et al.*, 2018; IPCC 2021), e a taxa de crescimento da emissão desse gás está ainda mais elevada do que nas décadas anteriores, indicando que o pico de emissão ainda não foi atingido (SEEG, 2021). Como consequência, diversas alterações foram registradas na temperatura média da superfície do planeta e estima-se que até 2100 o aumento possa ser entre 1,5 e 6,0 °C (HANSEN *et al.*, 2006) dependendo da implementação e sucesso das políticas de mitigação.

O novo relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC (2018) traz as ações necessárias para cumprir com a decisão tomada durante a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas de reduzir as emissões atmosféricas e, conseqüentemente, o aumento previsto da temperatura média do planeta para 1,5°C acima dos níveis pré-industriais até o ano de 2100. Apesar de o provável aumento de 1,5°C trazer conseqüências menos severas do que as projeções para 2°C (IPCC, 2018), ainda existem conseqüências sobre a saúde dos ecossistemas, podendo causar a extinção de espécies e mudanças nas características de biomas (SCARANO, 2017). Essas mudanças possuem efeitos diretos no crescimento, reprodução, morfologia, fisiologia e sobrevivência das plantas, resultando em alterações na ocorrência e severidade de doenças (CHAKRABORTY, 2001; CHAKRABORTY; PANGGA, 2004). Nesse contexto, as alterações na temperatura e no regime de pluviosidade em função das mudanças climáticas podem afetar a capacidade das espécies de sobreviverem e se reproduzirem em algumas regiões, resultando em mudanças na distribuição dessas espécies (ARTAXO, 2014).

Moss *et al.* (2010) descreveram cenários de desenvolvimento econômico baseados nos denominados “Representative Concentration Pathways” (RCPs), que serviram de base para as projeções de mudanças climáticas no Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (IPCC, 2013 ; TAYLOR *et al.*, 2012). Com base em duas propostas iniciais principais de Kriegler *et al.*; (2012) e Van Vuuren *et al.*; (2012), foi proposta uma nova estrutura que combina os chamados “Shared Socioeconomic Pathways” e os RCPs em uma arquitetura de matriz de

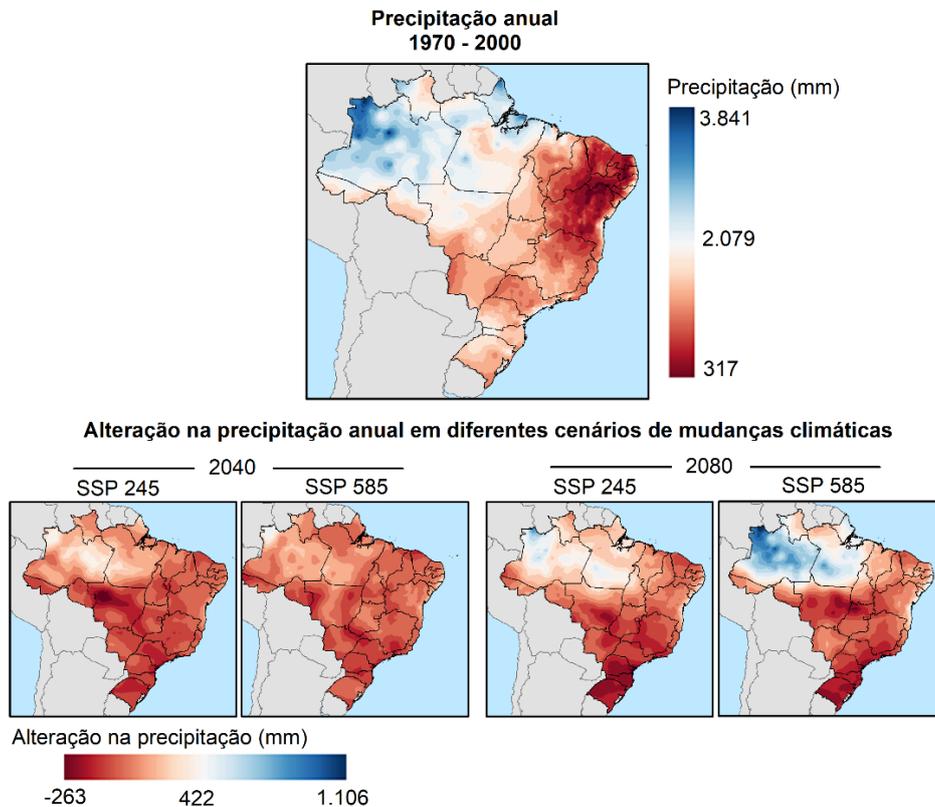
cenários. Os SSPs descrevem cinco possíveis trajetórias de desenvolvimento que resultam em diferentes condições da sociedade com relação à capacidade de mitigar ou se adaptar às mudanças climáticas (O'NEILL *et al.*, 2014). As narrativas desses cenários foram publicadas por O'NEILL *et al.*; (2014), e seguem uma estratégia de crescimento sustentável (SSP1); um padrão de desenvolvimento intermediário com progresso no desenvolvimento de políticas sustentáveis (SSP2); maior fragmentação entre as regiões e crescimento do nacionalismo e da busca por soluções individuais (SSP3); um aumento na desigualdade entre e dentro das regiões (SSP4); e um desenvolvimento econômico baseado em combustíveis fósseis (SSP5). Esses cenários têm diferentes impactos sobre as alterações na temperatura e pluviosidade, como pode ser ilustrado nas Figuras 2 e 3 para o Brasil. Além disso, as projeções quantificadas nos SSPs facilitam as análises de impacto das mudanças climáticas e outros problemas ambientais ou de desenvolvimento sustentável (VAN VUUREN *et al.*, 2014, O'NEILL *et al.*, 2014), e podem ser utilizadas em conjunto com técnicas de modelagem de nicho para estimar a distribuição de espécies.

Figura 2- Temperatura média anual entre 1970 e 2000 e as mudanças previstas pelo modelo de circulação global do Centro Climático de Pequim de acordo com os cenários de mudança climática SSP 245 e SSP 585 em 2040 e 2080. As informações no mapa derivam d da base de dados WorldClim.



Fonte: Marchioro, C.A., 2020.

Figura 3- Precipitação anual entre 1970 e 2000 e as mudanças previstas pelo modelo de circulação global do Centro Climático de Pequim de acordo com os cenários de mudança climática SSP 245 e SSP 585 em 2040 e 2080. As informações no mapa derivam da base de dados WorldClim.



Fonte: Marchioro, C. A., 2020.

3.6 MODELOS DE NICHO ECOLÓGICO

Os MNE vêm se tornando uma importante ferramenta para estudos baseados nas análises de dados ambientais, sendo muito utilizados em estudos voltados à conservação, biogeografia, ecologia e evolução (GUISAN; THUILLER, 2005). Segundo Siqueira (2005), as técnicas de modelagem têm se mostrado de grande importância na avaliação da distribuição geográfica de espécies ameaçadas. Os MNE trabalham com o conceito de nicho ecológico da espécie (HUTCHINSON, 1957), e consideram que o conjunto de condições ecológicas de uma determinada espécie pode ser representado por um espaço ecológico determinado por algoritmos.

Os algoritmos empregados na modelagem de nicho buscam encontrar relações não-aleatórias entre os registros de ocorrência das espécies e dados ecológicos/ambientais, tais como clima, características do solo, aspectos geológicos e topográficos, entre outros. Em outras palavras, os MNE relacionam dados sobre a ocorrência das espécies com variáveis ambientais

de forma a estabelecer modelos que descrevam as condições ambientais toleradas por uma dada espécie (GUISAN; ZIMMERMANN, 2000; ANDERSON *et al.*, 2003). O resultado final da análise gera mapas de adequabilidade que podem ser utilizados para discussão da distribuição geográfica potencial das espécies (SIQUEIRA, 2005, ANDERSON *et al.*, 2002; CHEN & PETERSON, 2002; GOLDBERG, 1989; PETERSON, 2001), e por isso têm sido utilizados em diversas aplicações práticas, tais como avaliar o impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição de espécies (MARINI *et al.*, 2009), estabelecer o potencial de invasão de espécies exóticas (LIPPITT *et al.*, 2008; PYRON *et al.*, 2008), dar suporte à estratégias de conservação (ARAÚJO; WILLIAMS, 2000; BRITO *et al.*, 2009; MARINI *et al.*, 2010), e avaliar riscos de disseminação de doenças infecciosas (PETERSON *et al.*, 2002a).

Os mapas desenvolvidos utilizando condições climáticas atuais podem ser projetados para cenários futuros de mudanças climáticas (SILLERO, 2011). Nesse caso, os MNE podem ser empregados para avaliar os impactos das mudanças climáticas sobre a distribuição das espécies por meio da comparação entre a distribuição presente e futura (ANDERSON *et al.*, 2003; MARINI *et al.*, 2009). Recentemente foram propostos vários cenários para serem utilizados como base para pesquisas sobre as mudanças climáticas (VAN VUUREN *et al.*, 2014, O'NEILL *et al.*, 2014).

Os MNE podem ser desenvolvidos utilizando diversos algoritmos disponíveis em diferentes *softwares* (SEGURADO; ARAÚJO, 2004; ELITH *et al.*, 2006; PHILLIPS *et al.*, 2006; MUÑOZ *et al.*, 2009; THUILLER *et al.*, 2009; GUO; LIU, 2010), tais como o GAM (*Generalised Additive Models*), GARP (*Genetic Algorithm for Rule Set Production*), GLM (*Generalized Linear Models*), ENFA (*Ecological Niche Factor Analysis*), BIOCLIM (*Bioclimatic variables*), RF (*Random Forest*), e o de máxima entropia (*Maximum Entropy*) (PHILLIPS *et al.*, 2006). Entre esses algoritmos, o mais utilizado é o de máxima entropia, um algoritmo de aprendizado de máquina baseado em princípios de entropia máxima (JAYNES, 1957) implementado inicialmente no *software* MaxEnt (PHILLIPS *et al.*, 2006). O MaxEnt utiliza dados de variáveis ambientais e de presença de espécies, sem a necessidade de informações sobre ausência, o que é interessante no caso de estudos com espécies que ocorrem em áreas sem amostragens sistemáticas (PHILLIPS *et al.*, 2006).

3.7 ESTRATÉGIAS PARA A CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE ESPÉCIES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

Por meio da portaria MMA N° 148, de 7 de junho de 2022, o Ministério do Meio Ambiente divulgou a mais recente lista de espécies ameaçadas de extinção do Brasil. Essa lista avaliou 7.524 espécies da flora brasileira, o que representou um acréscimo significativo em comparação com 2014, data da última listagem, que considerou 4.617 espécies. Na lista há quatro espécies criticamente ameaçadas de extinção, o grau mais alto de risco: a gravatá (*Dyckia distachya* Genève), uma bromélia que ocorre apenas na Mata Atlântica; o amarelão (*Euxylophora paraensis* Huber), uma árvore amazônica o capim-rabo-de-raposa (*Setaria parviflora* Kerguelen), uma erva forrageira do Cerrado; e uma sempre-viva nativa do Cerrado (*Xyris platystachya* A.L. Nilsson ex Malme). Além disso, há outras 19 espécies classificadas como em Perigo; nessa lista encontra-se *O. odorifera* e a *O. porosa*, e 28 na categoria de vulneráveis, a exemplo da *O. catharinenses*. A relação inclui espécies emblemáticas da flora brasileira como a araucária (*Araucaria angustifolia*) e o Jequitibá-rosa, ambos em Perigo. Cerca de 75% das espécies que constam da Lista já estão contempladas em Planos de Ação Nacionais para sua conservação vigentes, demonstrando o esforço de planejamento e implementação de ações para a conservação.

Um dos mecanismos mais utilizados no mundo para a conservação de biodiversidade é o estabelecimento de um sistema representativo de unidades de conservação (PINTO, 2004). Essa foi considerada como uma estratégia particularmente vital para a conservação dos recursos naturais do planeta a partir do III Congresso Mundial de Parques, realizado em Bali, em 1982. Cerca de 130 países já criaram um total aproximado de 8.000 áreas protegidas, equivalentes a 3% da extensão territorial dos países, no Brasil conta atualmente com um total de 2.446 UCs, entre unidades de nível federal, estadual e municipal, que cobrem cerca de 18% do território continental do país e 26% das áreas marinhas (WRI *et al.*, 1992; MCNEELY, 1992; NOSS, 1996; MMA, 2022). No âmbito da convenção, um sistema adequado de áreas protegidas é considerado como o pilar central para o desenvolvimento de estratégias nacionais de conservação da diversidade biológica (IUCN, 1994). As unidades de conservação de uso indireto são essenciais para a preservação da diversidade biológica.

Segundo Lino & Bechara (2002), as estratégias para a conservação, recuperação e uso sustentável devem, necessariamente, ser entendidas como parte de um processo ambicioso e dinâmico de melhoria do ambiente natural e da qualidade de vida humana. Esses autores citam

como algumas das principais estratégias de conservação a integração regional das unidades de conservação e ampliação do conceito de áreas protegidas, preservação de “espécies-símbolo, denúncias de agressão ambiental, promoção de campanhas de conscientização e mobilização, realização de encontros e seminários, desenvolvimento de pesquisa e difusão de informação, elaboração e aperfeiçoamento da legislação ambiental, definição de áreas prioritárias, captação de recursos e ampliação das fontes e mecanismos financeiros, formação de quadros, integração e fortalecimento institucional, ordenamento territorial e zoneamento ambiental, recuperação de áreas degradadas e incentivos à conservação.

Parte dessas estratégias depende de subsídios sobre a distribuição das espécies e, idealmente, devem considerar áreas adequadas em um contexto de mudanças climáticas. De fato, estudos já propõem que áreas climaticamente estáveis devem ser consideradas em estratégias de conservação de espécies, pois aumentariam as chances de populações sobreviverem em uma determinada área em longo prazo (TERRIBILE *et al.*, 2012; RIBEIRO, *et al.* 2018). Uma abordagem que une as temáticas de biodiversidade e clima é a adaptação baseada em Ecossistemas (AbE). Essa abordagem tem como principal objetivo servir de instrumento para auxiliar na adaptação às mudanças climáticas, conservar a biodiversidade e, garantir a manutenção dos serviços ecossistêmicos (DULLIUS & SILVA, 2016, 2017). Oliveira *et al.*, (2021) destacam como o potencial útil para estratégias para a conservação, dados coletados através de inventários florestais Nacionais e da técnica de geoestatística para estudos de conservação e manejo dos recursos florestais nativos.

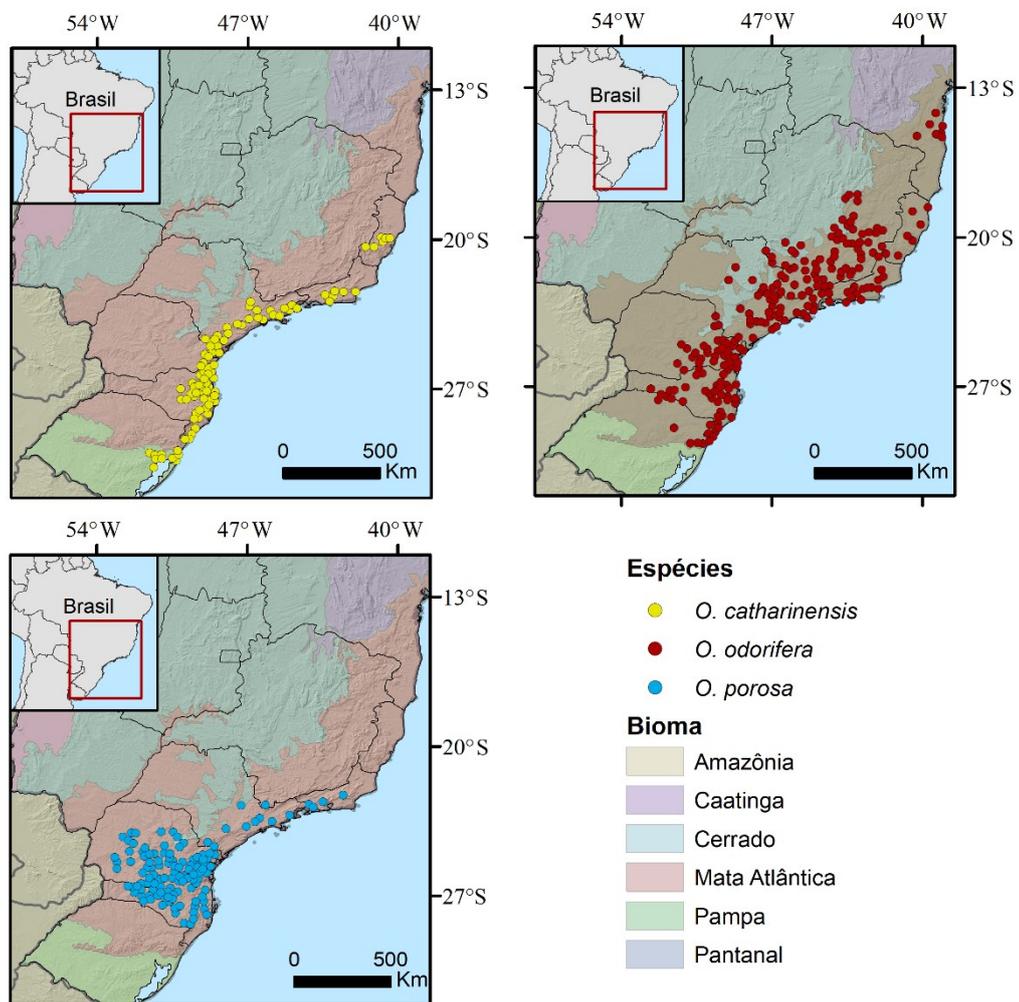
Pesquisas que envolvem modelagem de nicho têm se destacado ao lidar com a dinâmica de conservação biológicas pois proporcionam respostas fundamentadas para as ameaças, como perda do habitat natural, degradação ambiental e mudanças climáticas (GIANNINI *et al.*, 2012). Além disso, podem nos oferecer um panorama em relação às restrições na distribuição de espécies (LUCAS *et al.*, 2021). MNE também pode ser utilizada para avaliar se as áreas de proteção ambiental atuais e futuras que serão adequadas para resguardar a biodiversidade em razão dos cenários das mudanças climáticas (MEYER, 2013; SILVA SOBRINHO *et al.*, 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 REGISTROS DE OCORRÊNCIA

Os registros de ocorrência de *O. catharinensis*, *O. odorifera* e *O. 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. Ao todo, 286, 562 e 389 registros, foram obtidos para *O. catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa*, respectivamente. Como os registros de ocorrência tendem a se concentrar em áreas de fácil acesso próximas a cidades, rodovias ou áreas com alta densidade populacional (KADOM & DANIN, 2004), 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 91, 218 e 120 registros para *O. catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa*, respectivamente, que foram utilizados no processo de modelagem (Figura 4).

Figura 4- Registros da ocorrência de *Ocotea catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa* utilizados no processo de modelagem.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Para descrever as condições ambientais adequadas para 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 (<https://www.worldclim.org>) na resolução de 5 arcminutos (Tabela 1). As variáveis bioclimáticas derivam de registros mensais de temperatura e pluviosidade interpolados a partir de estações meteorológicas (FICK & HIJMANS *et al.*, 20017). 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 (<https://www.isric.org>) (HENGL *et al.*, 2017) na mesma resolução das variáveis bioclimáticas e de altitude (Tabela 1).

Tabela 1- Variáveis climáticas obtidas na base de dados do WorldClim e do SoilGrids.

Variável	Descrição
Bioclimática	Bio1 - Temperatura média anual (°C)
Bioclimática	Bio2 - Variação média de temperatura diurna (°C)
Bioclimática	Bio4 - Sazonalidade da temperatura (desvio padrão *100)
Bioclimática	Bio5 - Temperatura máxima do mês mais quente (°C)
Bioclimática	Bio6 - Temperatura máxima do mês mais frio (°C)
Bioclimática	Bio7 - Variação anual da temperatura (°C)
Bioclimática	Bio12 - Precipitação anual (mm)
Bioclimática	Bio13 - Precipitação do mês mais chuvoso (mm)
Bioclimática	Bio14 - Precipitação do mês mais seco (mm)
Bioclimática	Bio15 - Sazonalidade da precipitação (mm)
Topográfica	Altitude (m)
Características do solo	Teor de argila (%)
Características do solo	Teor de areia (%)
Características do solo	Teor de silte (%)
Características do solo	Profundidade (m)

Fonte: Elaborado pela autora.

A fim de 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. Para isso, 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). As variáveis altamente correlacionadas ($r \geq 0,80$) foram removidas do processo de modelagem, utilizando como critério a relevância ecológica e facilidade de interpretação. Quando duas ou mais variáveis apresentaram correlação, apenas uma foi selecionada respeitando a ordem de prioridade conforme segue: Altitude, Bio1, Bio12, Bio13, Bio14, Bio15, Bio4, Bio5, Bio6, Bio7, Argila, Profundidade, Areia, Silte (Anexos I, II e III).

4.3 MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICOS

Os modelos de nicho ecológico foram desenvolvidos com o algoritmo de entropia máxima (Maximum Entropy). Este é um algoritmo de aprendizado de máquina que aplica o princípio da entropia máxima para prever a distribuição potencial de espécies a partir de dados de presença das espécies, amostras da área do ambiente ocupado pela espécie (*background*) e variáveis ambientais (PHILLIPS *et al.*, 2004). Para o desenvolvimento de modelos com bom desempenho, além da filtragem dos registros de ocorrência e remoção das variáveis correlacionadas, os seguintes procedimentos foram adotados, de acordo com recomendação da literatura (MEROW *et al.*, 2013; MUSCARELLA *et al.*, 2014): (i) delimitação da área de estudo utilizada para amostragem dos pontos de *background* baseado em um critério ecológico; e (ii) teste de modelos com diferentes configurações de classes de funções (*feature classes*) e valores de regularização (*regularization multiplier values*).

A delimitação da área de estudo é importante porque restringe os pontos de *background* que são amostrados para caracterizar o ambiente disponível para a espécie e classificar corretamente os ambientes em adequados e inadequados durante a fase de treinamento do modelo. Existem diferentes métodos para delimitação da área de estudo. Embora alguns estudos utilizem um mínimo polígono convexo ou a criação de *buffers* ao redor dos registros de ocorrência, muitos autores recomendam o uso de classificações biofísicas como biomas ou zonas climáticas por ser um método que considera aspectos ecológicos da espécie estudada (HILL; TERBLANCHE, 2014). Nesse estudo foi utilizado os biomas (Mata Atlântica, Serrado e Pampa) que apresentam registros de ocorrência de cada uma das espécies estudadas para delimitar a área de estudo.

Cinco grupos diferentes de funções matemáticas são utilizadas para transformação dos preditores ambientais pelo MaxEnt: linear (*linear* - L), quadrática (*quadratic* - Q), de produto (*product* - P), limiar (*threshold* - T) e de perda (*hinge* - H). Além disso, o MaxEnt possibilita alterar o valor de regularização (*regularization multiplier*), um parâmetro que restringe ou amplia a área de distribuição predita. Tanto as funções matemáticas utilizadas na transformação das variáveis ambientais, quanto o valor de regularização influenciam a complexidade e desempenho dos modelos e, conseqüentemente, sua transferabilidade no tempo (PHILLIPS; DUDÍK, 2008; MEROW; SMITH; SILANDER JR, 2013; MORALES *et al.*, 2017). Por este motivo, foram desenvolvidos 44 modelos para cada espécie com diferentes combinações de classes de funções (L, LQ, LQH e LQHPT) e valores de regularização (entre 1 e 5 com acréscimos de 0,5).

A seleção do melhor modelo para cada espécie foi realizada usando o Critério de Informação de Akaike corrigido (AICc, corrected Akaike Information Criterion). O AICc é um método comumente utilizado para comparar modelos levando em consideração sua complexidade e qualidade do ajuste (AKAIKE, 1974). Para comparação dos modelos foi calculado o Δ AICc por meio da subtração do valor de AICc de um modelo pelo menor valor de AICc obtido para cada espécie. Os modelos que apresentem valores de Δ AICc iguais ou inferiores a dois foram considerados como tendo desempenho similar (BURNHAM *et al.*, 2011). Todos esses procedimentos foram realizados com o pacote ENMEval no ambiente estatístico R (MUSCARELLA *et al.*, 2014).

O melhor modelo para cada espécie foi desenvolvido utilizando o método de validação cruzada como método de replicação, utilizando-se 10 réplicas de aleatorização. Além disso, foram construídas curvas de resposta para cada preditor utilizado no modelo, indicando como adequabilidade varia em função de cada variável. O desempenho do modelo selecionado foi avaliado utilizando três critérios distintos. Primeiro foi calculado o índice AUC (*Area Under the Curve of the Receiver-Operator Characteristic*) baseado em uma curva que considera as taxas verdadeiros positivos e falsos positivos em diferentes limiares de classificação. O AUC varia entre 0 e 1, sendo que valores próximos a 1 indicam que o modelo é de alta precisão, enquanto valores próximos ou menores que 0,5 indicam que o modelo não é melhor que o acaso em prever a ocorrência da espécie (PHILLIPS *et al.*, 2006). A abordagem do modelo nulo proposta por Raes & Ter Steege (2007) foi usada para avaliar a significância do valor de AUC obtido. O mesmo número de registros de ocorrência utilizado no modelo empírico foi gerado aleatoriamente dentro da área de estudo e utilizado para desenvolver modelos nulos com as mesmas configurações do modelo selecionado. Este procedimento foi repetido 999 vezes e o valor de AUC obtido pelo modelo empírico foi comparado com a distribuição de frequência dos valores de AUC derivados dos modelos nulos. Foi considerado que o modelo teve um desempenho significativamente melhor do que o esperado ao acaso quando o valor de AUC observado foi maior que 95% dos valores de AUC gerados com os modelos nulos. Adicionalmente, o Índice Contínuo de Boyce (*Continuous Boyce Index* – CBI) foi empregado para avaliar o quanto um modelo difere de uma distribuição aleatória das presenças observadas em um gradiente de previsão (HIRZEL *et al.*, 2006). O CBI varia entre -1 e 1, sendo que valores positivos indicam bom desempenho, valores iguais a zero e negativos indicam desempenho ruim do modelo.

O melhor modelo para cada espécie foi projetado para os anos de 2040 e 2080, nos cenários de mudanças climáticas SSP 245 e SSP 585. Mapas de consenso foram construídos

para cada espécie, ano e cenário de mudanças climáticas utilizando sete diferentes modelos de circulação global (GCMs- *General Circulation Models*). Foram utilizados 7 modelos de circulação global: BCC (*Beijing Climate Center Climate System Model*), CNRM-CM6 (*Centre National de Recherches Meteorologiques*), CNRM-ESM2 (*Centre National de Recherches Meteorologiques - Earth System Model Version 2*), ESM (*Earth System model*), MIROC (*Model for Interdisciplinary Research on Climate*), MIROC6 (*Model for Interdisciplinary Research on Climate Version six*), e MRI (*Meteorological Research Institute*).

4.4 ANÁLISES ESPACIAIS

O MaxEnt gera mapas de adequabilidade contínuos com valores entre 0 e 1. Para algumas análises espaciais realizadas, os mapas contínuos foram convertidos para binários indicando as regiões preditas como adequadas para as espécies estudadas. Para isso, foi utilizado um limiar que maximiza a sensibilidade (positivo verdadeiro) e especificidade (negativo verdadeiro) do modelo. Este limiar foi utilizado porque tem sido empregado em estudos que tem como objetivo definir áreas prioritárias para a conservação de espécies (JIMÉNEZ-VALVERDE & LOBO, 2007; BEAN *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2022).

4.5 MUDANÇAS NO USO DO SOLO NA ÁREA ADEQUADA PARA AS ESPÉCIES

Os mapas de transição na cobertura e uso do solo entre 1985 e 2021 foram obtidos no formato *raster* na base de dados da coleção 6 do projeto Mapbiomas (<https://mapbiomas.org/>). Esses mapas possuem valores calculados com a união do código de 1985 e 2021, conforme a fórmula: $(1985 \times 100) + 2021$. Nesse caso, é possível reconhecer a transição no uso e cobertura do solo em cada pixel para as diferentes classes utilizadas pelo Mapbiomas. Para fins de simplificação, as 23 classes disponíveis foram reduzidas a cinco: floresta, agricultura, silvicultura, área urbana e outros. A análise das mudanças na cobertura e uso do solo foram realizadas na área predita como adequada em condições climáticas atuais (1970-2000) para as três espécies. Os resultados foram representados com um digrama de Sankey construído com o pacote networkD3 no ambiente R (ALLAIRE *et al.*, 2017).

4.6 QUANTIFICAÇÃO DA MUDANÇA NA DISTRIBUIÇÃO DEVIDO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Mapas contínuos e binários foram utilizados para quantificar o impacto das mudanças climáticas sobre a adequabilidade ambiental e distribuição de *O. catharinensis*, *O. odorifera* e *O. 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. *Pixels* com valores negativos e positivos nos mapas gerados indicam, respectivamente, uma diminuição e um aumento na adequabilidade ambiental.

Para quantificar as mudanças na distribuição prevista para cada 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 das espécies. Nesse estudo, a porcentagem de mudança foi calculada para representar a mudança na distribuição das espécies nos diferentes cenários de mudanças climáticas. As áreas com estabilidade na distribuição das espécies, ou seja, as regiões adequadas no presente previstas para continuarem adequadas no futuro, foram consideradas como climaticamente estáveis ou refúgios climáticos. Adicionalmente, foi realizada uma análise de mudança de centroide para avaliar a direção e distância da alteração na distribuição das espécies. Essa análise cria um centroide na distribuição presente e futura da espécie, e traça uma linha conectando os dois centroides indicando a direção e a distância da mudança nos diferentes anos e cenários de mudanças climáticas.

Seguindo as diretrizes da IUCN para classificação das categorias da Lista Vermelha, foi avaliado uma possível mudança na classificação das espécies no futuro devido às mudanças climáticas. Para isso, foi utilizada 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” $\geq 80\%$.

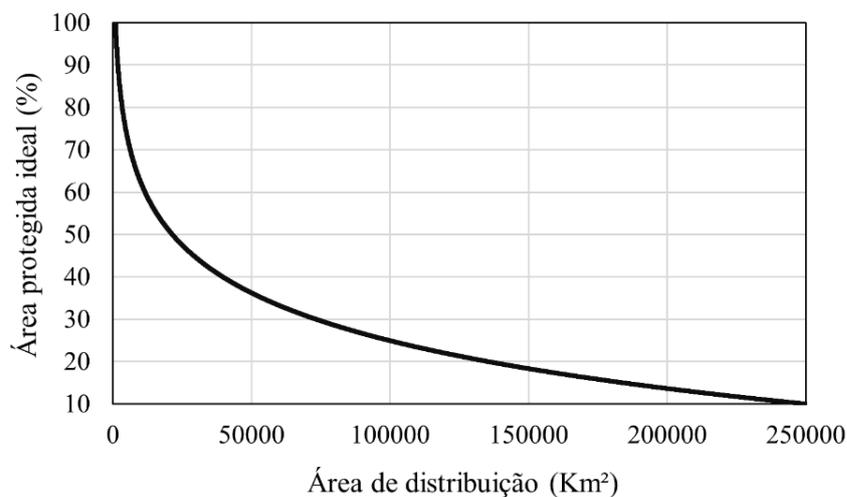
4.7 ÁREAS ADEQUADAS LEGALMENTE PROTEGIDAS

Informações sobre as unidades de conservação foram obtidas no site do IBAMA no formato *shapefile*. As áreas climaticamente estáveis para cada uma das espécies nos diferentes

cenários de mudanças climáticas foram sobrepostas às unidades de conservação para estimar a porcentagem das áreas climaticamente estáveis legalmente protegidas. Com o objetivo de avaliar se a rede de unidades de conservação atualmente existente é suficiente para proteger as espécies no presente e futuro, foram estabelecidas metas de porcentagem da distribuição de cada espécie que deve ser efetivamente conservada, seguindo a metodologia empregada por estudos anteriores (RODRIGUES *et al.*, 2004; BUTCHART *et al.*, 2015; ALLAN *et al.*, 2022).

A proporção mínima da área a ser protegida foi estabelecida em função do tamanho da área predita como adequada para as espécies no presente e nos cenários futuros. Para isso, a meta de conservação foi interpolada log-linearmente entre 10% para espécies com distribuições acima de 250.000 km² e 100% para espécies com área menor que 1.000 km² (Figura 5). Esse procedimento foi realizado com o pacote “prioritizR” no ambiente estatístico R. Embora existam outros métodos para definição das metas de conservação, esta é a abordagem mais simples e amplamente utilizada (ALLAN *et al.*, 2022), e por isso foi adotada neste estudo.

Figura 5- Estimativa de área ideal a ser protegida com base no tamanho da área de distribuição das espécies baseado em ALLAN *et al.*, 2022.



Fonte: elaborado pela autora.

4.8 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RESTAURAÇÃO

Mapas no formato *raster* com as áreas que demandam processo de restauração para se adequar ao código florestal brasileiro foram obtidas de Soares-Filho *et al.*, (2014). Esses autores desenvolveram uma análise espacial apontando quais regiões demandam atividades de restauração para cumprir o Código Florestal Brasileiro de 2012. O mapa criado por esses

autores expressa a diferença percentual entre a área restante de vegetação nativa e a área necessária para se adequar à lei. Foi estabelecida como áreas prioritárias para restauração àquelas que demandam restaurar pelo menos 50% da vegetação nativa. O mapa gerado com base nesse critério foi sobreposto às áreas climaticamente estáveis a fim de identificar áreas onde as espécies estudadas podem ser empregadas em atividades de restauração.

5 RESULTADOS

5.1 SELEÇÃO E DESEMPENHO DO MELHOR MODELO

O desempenho dos 44 modelos gerados para cada espécie com diferentes configurações de classes de funções e valores de regularização teve ampla variação (Anexos 7, 8 e 9). De acordo com o AICc, os modelos com a combinação de transformações lineares e quadráticas e com multiplicador de regularização igual a um (LQ1) foram os mais adequados para *O. catarinense* e *O. porosa*. Por outro lado, para *O. odorifera* o modelo com funções linear, quadrática, de perda, produto e limiar, tendo como multiplicador de regularização igual a 4.5, foi o que apresentou o melhor desempenho (LQHPT4.5).

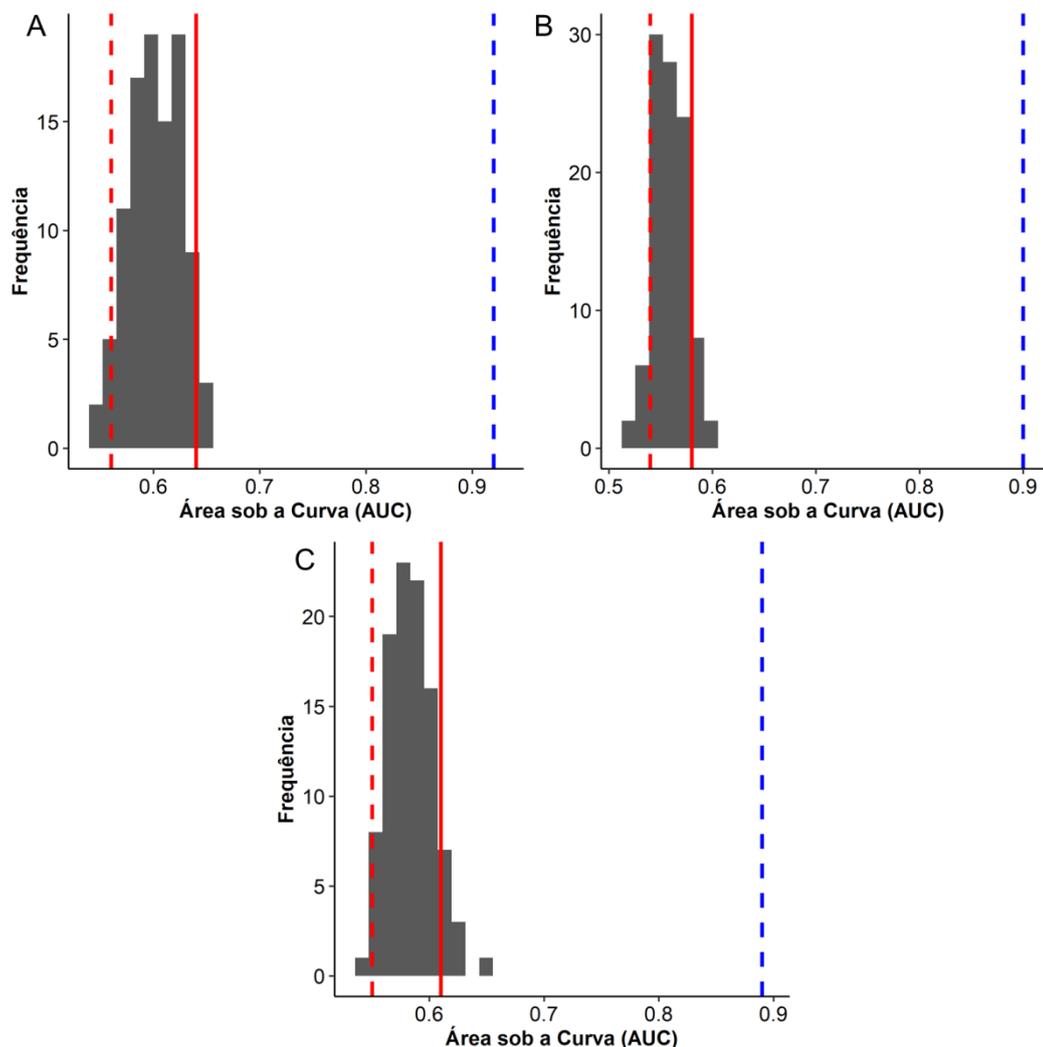
Os modelos selecionados tiveram desempenho satisfatório para todas as espécies, com valores de AUC superiores a 0.90 (Tabela 2). A análise de modelos nulos corrobora esses resultados, pois o valor de AUC observado para as três espécies foi superior a 95% dos valores simulados pelos modelos nulos, mostrando que são maiores que o acaso (Figura 5). O bom desempenho dos modelos também foi confirmado pelos valores de CBI iguais ou superiores a 0.70 para as três espécies estudadas (Tabela 2).

Tabela 2- Desempenho dos modelos selecionados para *Ocotea catarinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa* com base na Área sob a Curva ROC (AUC) e o Índice Contínuo de Boyce (CBI). Os melhores modelos foram selecionados com o Critério de Informação de Akaike Corrigido (AICc).

Espécie	Funções	Regularização	AUC _{treino}	AUC _{teste}	CBI
<i>O. catarinensis</i>	LQ	1.0	0,91 ± 0,04	0,91 ± 0,03	0,70 ± 0,13
<i>O. odorifera</i>	LQ	4.5	0,91 ± 0,00	0,90 ± 0,02	0,77 ± 0,12
<i>O. porosa</i>	LQHPT	1.0	0,90 ± 0,02	0,90 ± 0,02	0,71 ± 0,10

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 6- Comparação entre os valores de AUC obtidos empiricamente e os simulados pelos modelos nulos para *Ocotea catharinensis* (A), *O. odorifera* (B) e *O. porosa* (C). Linhas vermelhas tracejadas e sólidas indicam, respectivamente, os percentis de 5% e 95%, enquanto a linha tracejada azul representa o valor de AUC observado.



Fonte: Elaborado pela autora.

5.2 CONTRIBUIÇÃO DAS VARIÁVIES AMBIENTAIS

As variáveis que mais contribuíram para os modelos desenvolvidos para *O. catharinensis* foram a temperatura média anual (Bio1 – 36,1%), a variação anual da temperatura (Bio7 – 28,3%) e o teor de argila do solo (7,5%) (Tabela 3). Para *O. odorifera*, as variáveis que mais se destacaram foram a temperatura média anual (Bio1 - 71,6%), a precipitação do mês mais seco (Bio14 – 7,7%) e a elevação (7,7%). Por outro lado, para *O. porosa* a temperatura média anual (Bio 1 – 61,4%), a precipitação do mês mais seco

(Bio 14 – 19,6%) e a precipitação anual (Bio12 – 10,1%) foram as variáveis mais importantes (Tabela 3). Quando a contribuição foi acumulada entre as espécies, as variáveis mais importantes foram a temperatura média anual, precipitação no mês mais seco e a variação anual da temperatura (Tabela 3).

Tabela 3- Importância da permutação (%) das variáveis utilizadas no desenvolvimento dos modelos para *Ocotea catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa*. As variáveis destacadas em negrito estão entre as três mais importantes, enquanto as células sem valores indicam variáveis que não fizeram parte do modelo.

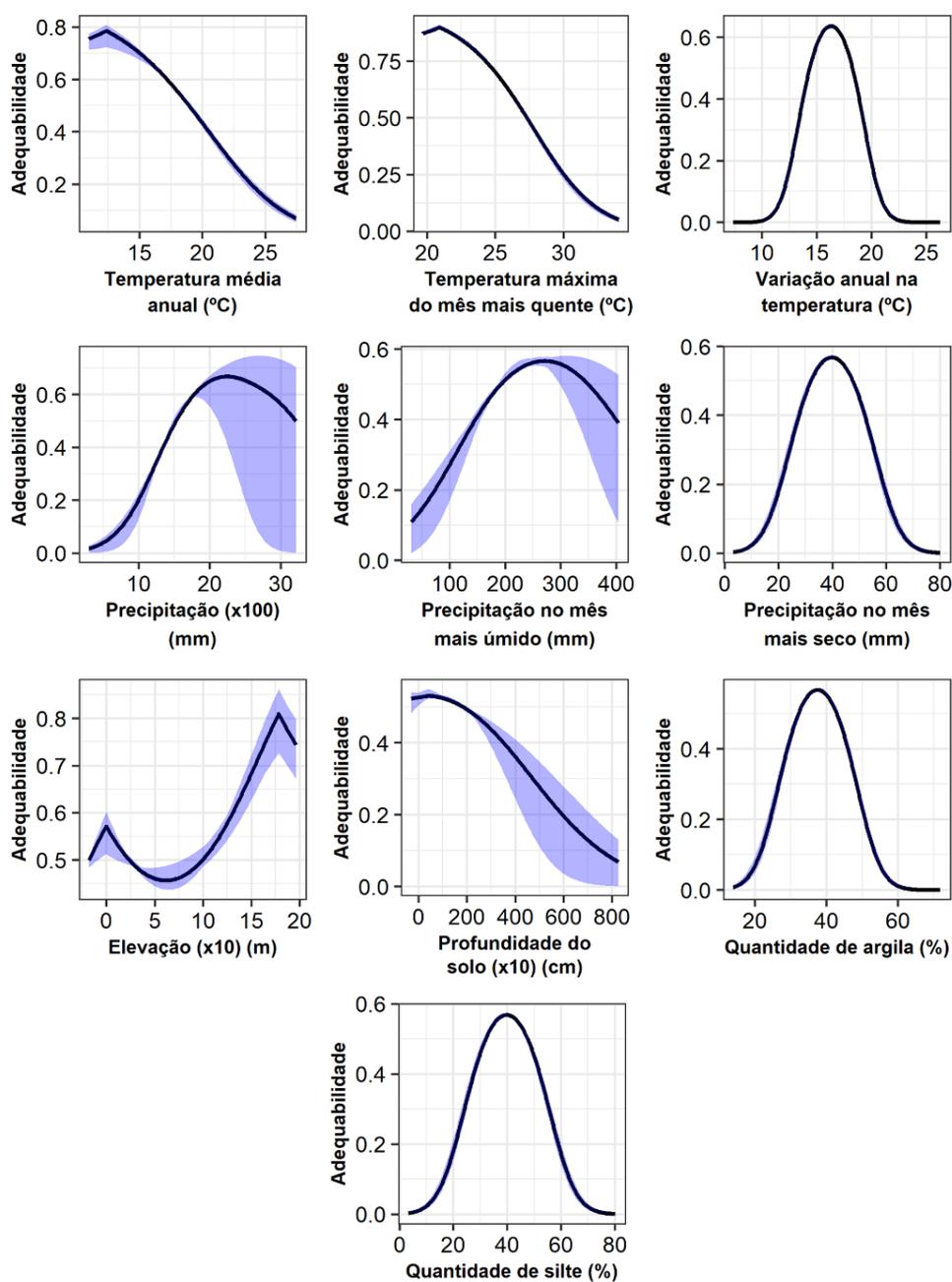
Variáveis	<i>O. catharinensis</i>	<i>O. odorifera</i>	<i>O. porosa</i>	Acumulado	Ranking
Bio1	36,1	71,6	61,4	196,1	1
Bio4	-	-	-	-	-
Bio5	1,1	-	-	1,1	10
Bio6	-	-	-	-	-
Bio7	28,3	0,7	0,0	29,0	3
Bio12	3,2	0,4	10,1	21,7	5
Bio13	6,5	4,6	1,9	13,0	6
Bio14	3,9	7,7	19,6	31,2	2
Bio15	-	-	-	-	-
Teor de areia	-	-	-	-	-
Teor de argila	7,5	4,7	0,6	12,8	7
Teor de silte	1,0	0,5	-	1,5	9
Profundidade	0,2	2,2	0,1	2,5	8
Elevação	1,2	7,7	6,2	25,9	4

Fonte: Elaborado pela autora.

As curvas de resposta para as variáveis ambientais demonstram que a espécie *O. catharinensis* se adapta melhor em regiões com temperatura média anual entre 12°C e 17°C, variação anual na temperatura entre 15 e 18 °C e em solos com teor de argila entre 30 e 50% (Figura 7). As curvas de resposta também mostraram que regiões com temperatura média

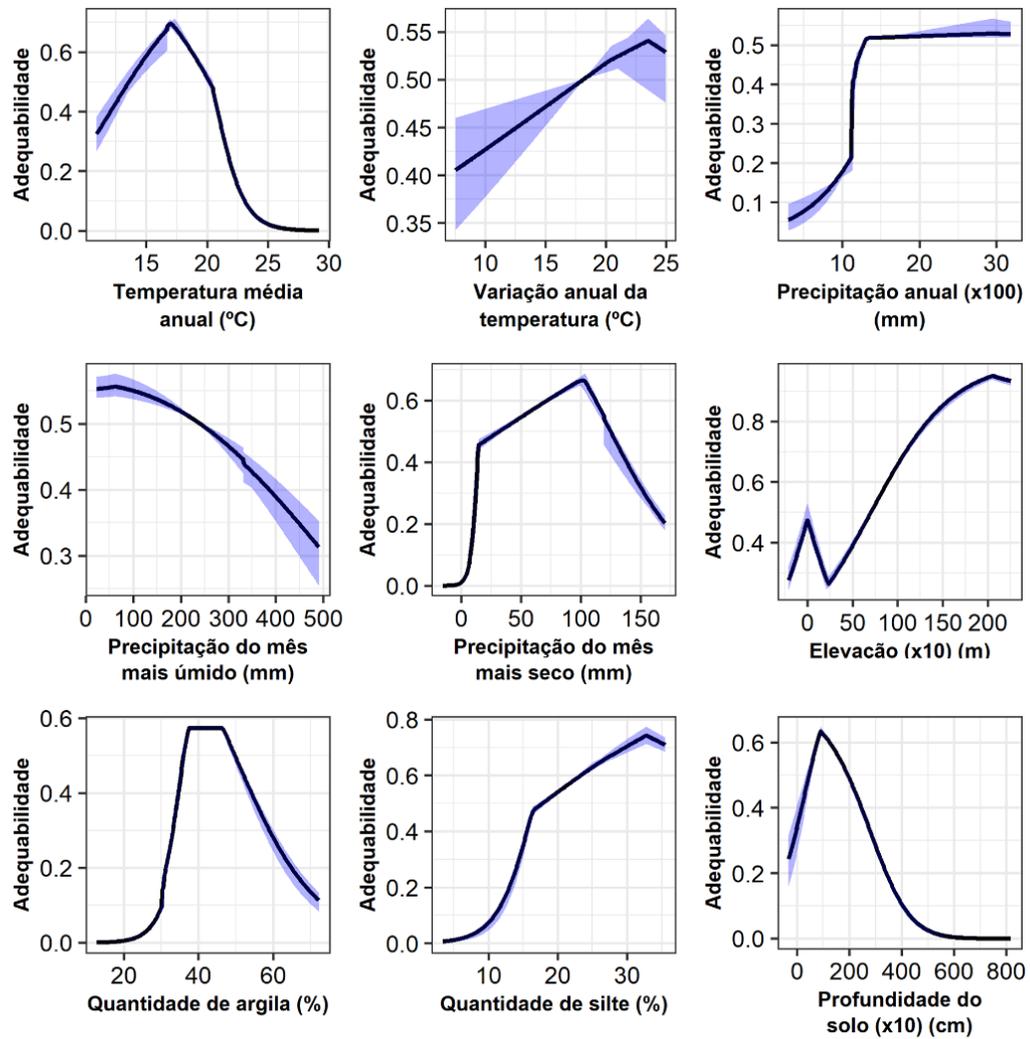
anual entre 15 e 21 °C, precipitação no mês mais seco entre 50 e 120 mm e em áreas com elevação superior a 700m apresentam maior adequabilidade ambiental para *O. odorifera* (Figura 8). Já para *O. porosa*, uma maior adequabilidade é esperada em regiões onde a temperatura média anual varia entre 12 e 17°C, a precipitação do mês mais seco varia entre 50 e 100 mm, e a precipitação anual entre 1500 e 2100 mm (Figura 9).

Figura 7- Curvas de resposta das variáveis utilizadas na construção dos modelos de nicho ecológico para *Ocotea catharinensis*. Os gráficos mostram como a adequabilidade ambiental da espécie muda em função de cada uma das oito variáveis.



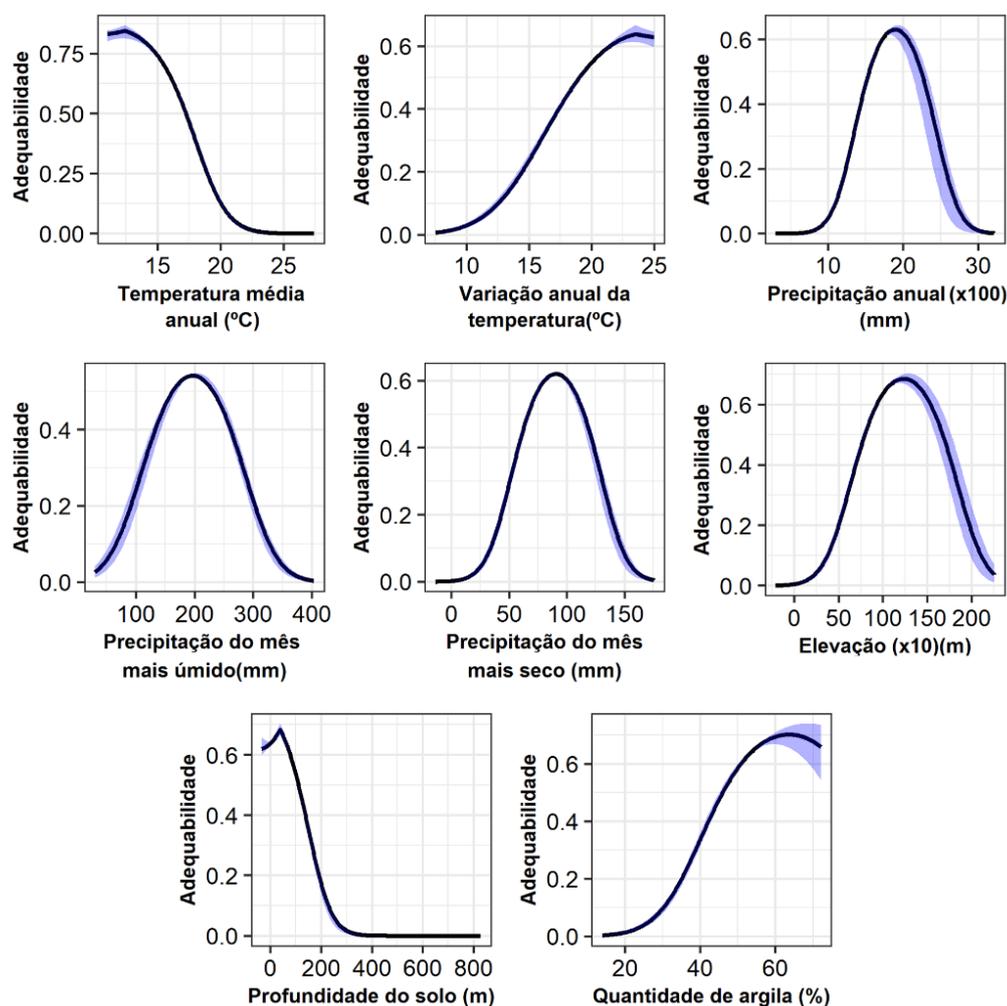
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 8- Curvas de resposta das variáveis utilizadas na construção dos modelos de nicho ecológico para *Ocotea odorifera*. Os gráficos mostram como a adequabilidade ambiental da espécie muda em função de cada uma das oito variáveis.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 9- Curvas de resposta das variáveis utilizadas na construção dos modelos de nicho ecológico para *Ocotea porosa*. Os gráficos mostram como a adequabilidade ambiental da espécie muda em função de cada uma das oito variáveis



Fonte: Elaborado pela autora

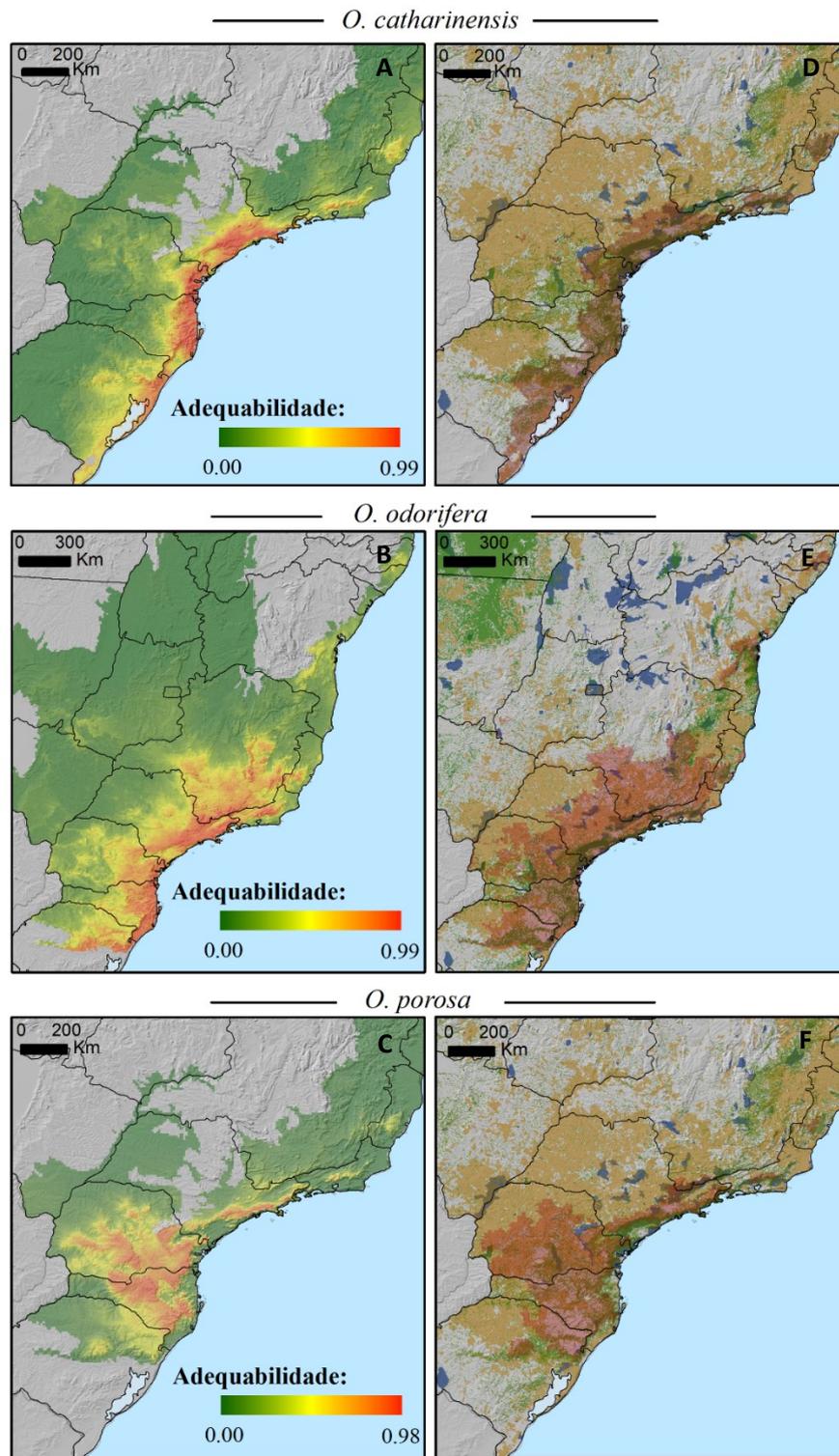
5.3 DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES EM CONDIÇÕES CLIMÁTICAS ATUAIS

O modelo estimou áreas altamente adequadas para *O. catharinensis* nas regiões sul e sudeste do Brasil (Figura 10). No sul do Brasil, as regiões de maior adequabilidade concentram-se principalmente na faixa leste, sendo que no estado do Rio Grande do Sul essas áreas foram estimadas principalmente na região nordeste. Na região sudeste, áreas de maior adequabilidade foram estimadas na faixa leste do estado de São Paulo e em regiões de maior altitude no Rio de Janeiro e no Espírito Santo (Figura 10). Os mapas binários mostram que áreas ambientalmente adequadas foram estimadas também no sudeste do Rio Grande do Sul, na região serrana de Santa Catarina e no segundo planalto paranaense (Figura 10).

Para *Ocotea odorifera*, o modelo estimou áreas altamente adequadas nos estados do Sul e Sudeste do Brasil. No sul do Brasil, as regiões de maior adequabilidade incluem principalmente a região central e leste de Santa Catarina, no litoral e primeiro planalto do Paraná, e na região nordeste do Rio Grande do Sul. Na região sudeste, áreas de maior adequabilidade foram estimadas na faixa leste do estado de São Paulo, incluindo as regiões de maior altitude, no centro e sudeste de Minas Gerais e em regiões de maior altitude no Rio de Janeiro e Espírito Santo (Figura 10). Os mapas binários apresentam que áreas ambientalmente adequadas foram estimadas também na região serrana de Santa Catarina, no segundo planalto do Paraná e em áreas isoladas na Bahia (Figura 10).

Áreas de elevada adequabilidade ambiental foram estimadas para a imbuia nos estados de Santa Catarina e Paraná no sul do país, e em São Paulo na região sudeste. No sul do Brasil, as regiões de maior adequabilidade foram estimadas nos três planaltos do Paraná, na região serrana e no norte de Santa Catarina. Em São Paulo, áreas altamente adequadas foram estimadas apenas nas áreas de altitude elevada (Figura 10). Os mapas binários mostram que áreas ambientalmente adequadas foram estimadas também no norte do Rio Grande do Sul, região serrana entre São Paulo e Minas gerais e em regiões de altitude elevada no Espírito Santo (Figura 10).

Figura 10- Mapas de adequabilidade contínuos (A-C) e binários (D-F) para *Ocotea catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa* estimados com base em dados climáticos do presente (1970 -2000) pelo algoritmo de aprendizado de máquina MaxEnt.



Legenda

- | | |
|--|---|
|  Remanescentes florestais |  Unidades de conservação |
|  Áreas adequadas |  Áreas de restauração |

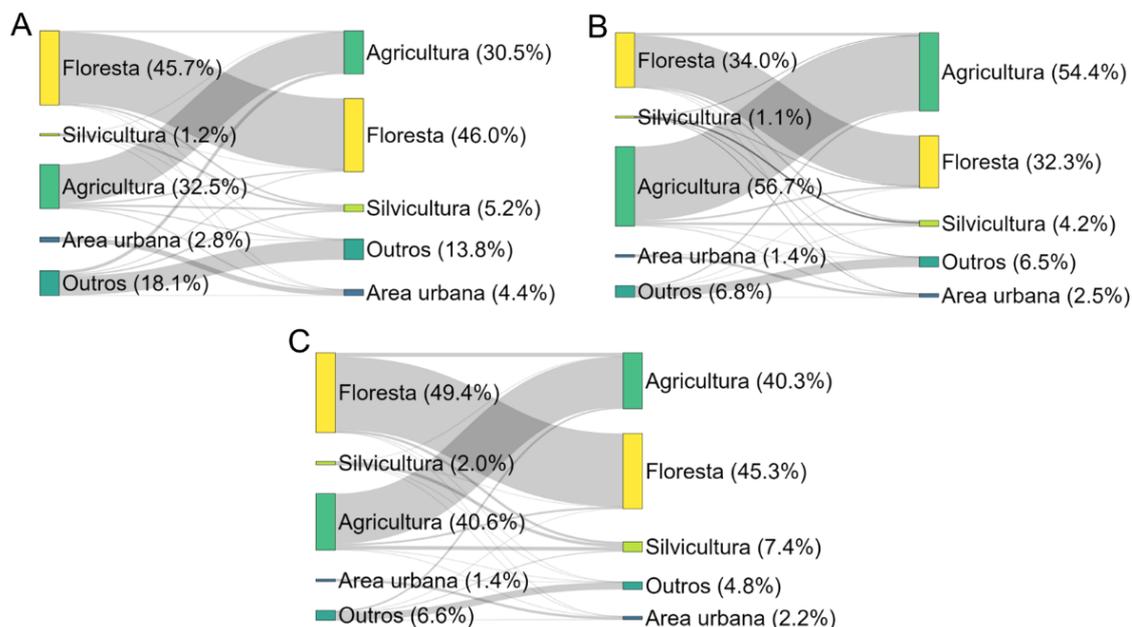
Fonte: Elaborado pela autora.

5.4 MUDANÇA NO USO DO SOLO NAS ÁREAS PREDITAS COMO ADEQUADAS

A intensidade da mudança no uso e cobertura do solo nos últimos 36 anos (1985-2021) dentro da área adequada variou entre as espécies estudadas (Figura 11). Para *O. catharinensis* praticamente não foi observada redução na cobertura florestal, para *O. odorifera* e *O. porosa* foram registradas reduções de 1,7% e 4,1%, respectivamente. Outra alteração que variou entre as espécies diz respeito à área destinada à agricultura. Para espécies como *O. porosa* a área destinada a agricultura manteve-se estável nos 36 anos analisados, porém reduções sutis foram registradas para *O. odorifera* (2,3%) e *O. catharinensis* (2,0%). Por outro lado, um padrão semelhante de aumento da área destinada à silvicultura foi observado nas áreas adequadas estimadas para as três espécies. Esse aumento foi mais acentuado para *O. porosa* (5,4%), seguido por *O. catharinensis* (4,0%) e *O. odorifera* (3,1%). Em todos os casos, o aumento na área destinada à silvicultura se deu principalmente pela conversão de florestas naturais para áreas agrícolas.

A cobertura florestal dentro das áreas adequadas variou de acordo com as espécies. A canela-preta possui 46% da área adequada coberta por florestas (Figura 11A), enquanto para imbuia esse valor é atualmente de 45% (Figura 11C). Por outro lado, apenas 32% da área adequada para canela-sassafrás compreende florestas naturais (Figura 11B). A maior parte da área adequada para a canela-sassafrás compreende áreas destinadas à agricultura (54%). Ao todo, 61% da área estimada como adequada para a canela-sassafrás está em área antropizada.

Figura 11- Diagrama de Sankey demonstrando a mudança no uso e cobertura do solo entre os anos de 1985 e 2021 dentro das áreas estimadas como adequadas para *Ocotea catharinensis* (A), *O. odorifera* (B) e *O. porosa* (C).



Fonte: Elaborado pela autora

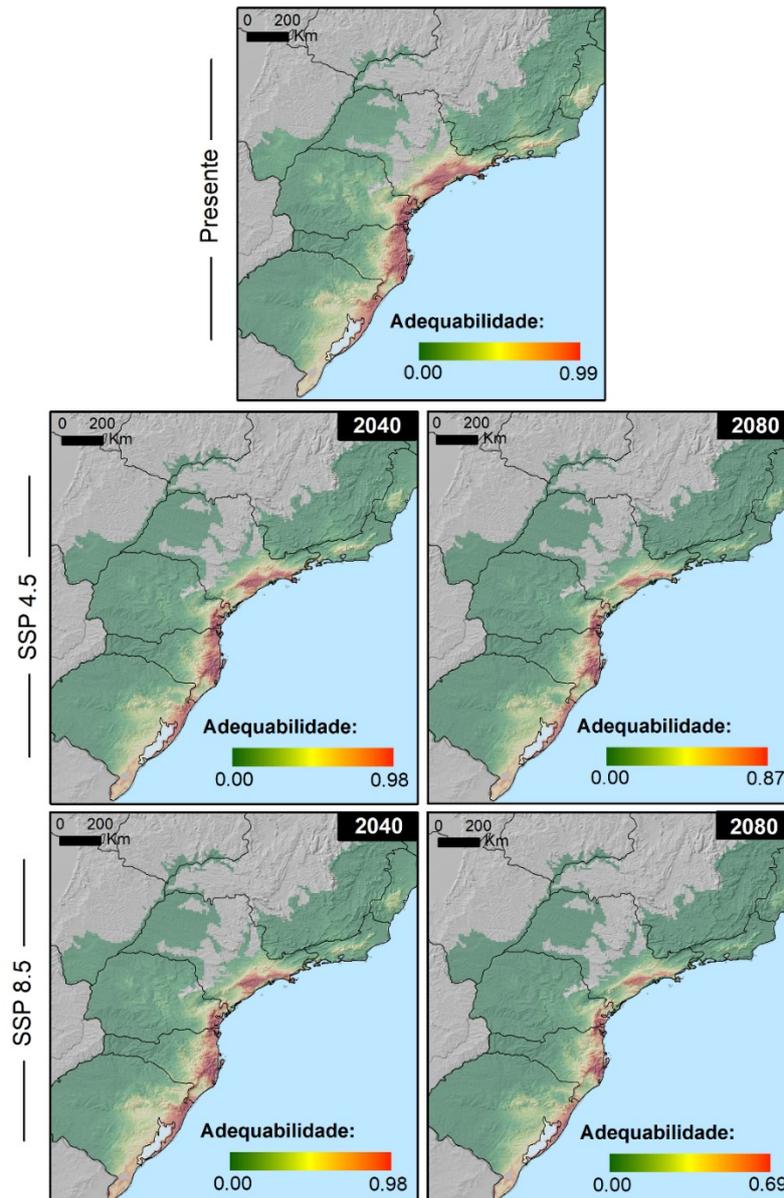
5.5 ALTERAÇÃO NA ADEQUABILIDADE AMBIENTAL EM FUNÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Os modelos previram uma diminuição na adequabilidade ambiental para as três espécies nos anos e cenários de mudanças climáticas avaliados. De modo geral, o cenário com maior emissão de gases do efeito estufa (SSP 585) foi o que apresentou a maior diminuição na adequabilidade, enquanto o cenário intermediário (SSP 245) apresentou uma redução menos acentuada (Figuras 12, 13 e 14). Da mesma forma, a redução na adequabilidade ambiental tendeu a ser mais acentuada em 2080 comparado com 2040. Os modelos previram uma redução na adequabilidade ambiental em toda a faixa de distribuição das três espécies, inclusive nas áreas previstas como altamente adequadas em condições climáticas presentes.

Para *O. catharinensis*, tanto no cenário SSP 245, quanto no SSP 585 os modelos previram uma diminuição acentuada na adequabilidade ambiental principalmente nas margens da distribuição da espécie (Figura 12). As regiões previstas para permanecer com maior adequabilidade concentram-se principalmente na faixa leste da distribuição da espécie em ambos os cenários. Mesmo as regiões de alta adequabilidade em condições climáticas atuais

apresentaram uma redução na adequabilidade de até 13% no cenário SSP 245 e 30% no cenário SSP 585 no ano de 2080.

Figura 12- Mapas de adequabilidade ambiental para *Ocotea catharinensis* em condições climáticas atuais (1970-2000) e futuras (2040 e 2080) baseados em cenários de mudanças climáticas representando emissões intermediárias (SSP 245) e elevadas (SSP 585) de gases do efeito estufa.

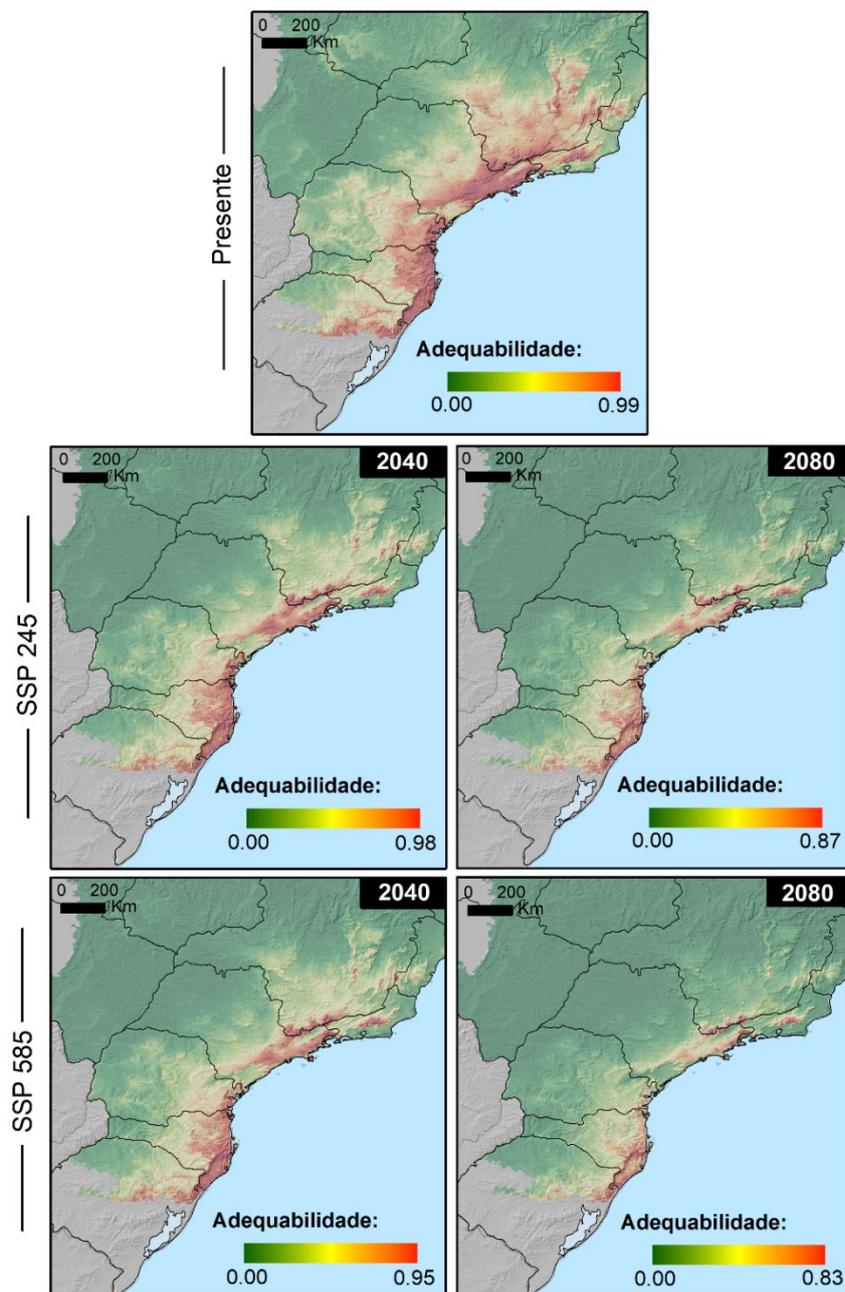


Fonte: Elaborado pela autora

Os modelos previram uma diminuição na adequabilidade ambiental para *O. odorifera* tanto no cenário SSP 245, quanto no SSP 585 (Figura 13). Segundo os modelos, boa parte da área adequada ao oeste e norte da distribuição da espécie terá uma redução drástica na

adequabilidade nos cenários futuros avaliados. As regiões previstas para permanecer com maior adequabilidade concentram-se principalmente na faixa leste da distribuição da espécie em ambos o cenários. Mesmo as regiões preditas como altamente adequadas atualmente apresentaram uma redução acentuada na adequabilidade de até 11% no cenário SSP 245 e 16% no cenário SSP 585 no ano de 2080.

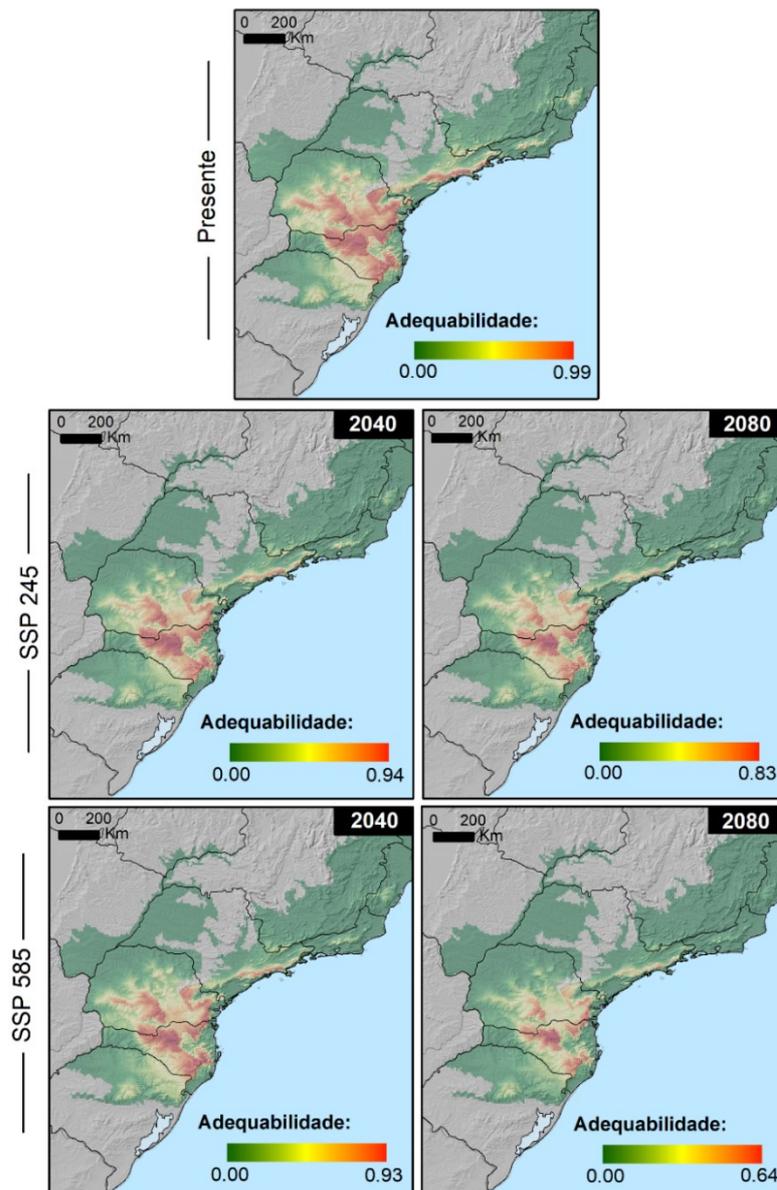
Figura 13- Mapas de adequabilidade ambiental para *Ocotea odorifera* em condições climáticas atuais (1970-2000) e futuras (2040 e 2080) baseados em cenários de mudanças climáticas representando emissões intermediárias (SSP 245) e elevadas (SSP 585) de gases do efeito estufa.



Fonte: Elaborado pela autora

Da mesma forma, os modelos previram uma diminuição na adequabilidade para *O. porosa* nos cenários SSP 245 e SSP 585 (Figura 14). 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.

Figura 14- Mapas de adequabilidade ambiental para *Ocotea porosa* em condições climáticas atuais (1970-2000) e futuras (2040 e 2080) baseados em cenários de mudanças climáticas representando emissões intermediárias (SSP 245) e elevadas (SSP 585) de gases do efeito estufa.



Fonte: Elaborado pela autora

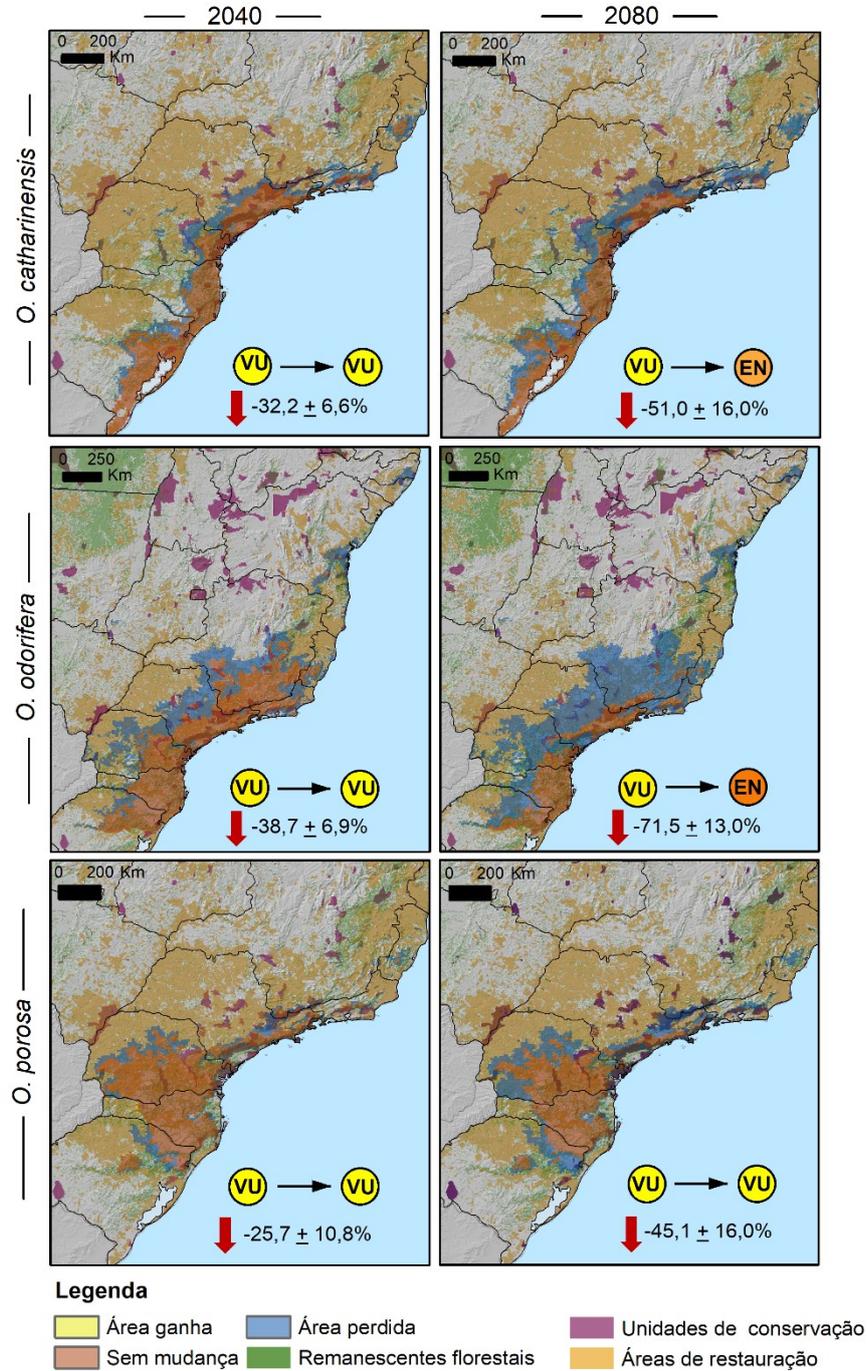
Os mapas binários indicando as áreas adequadas para as espécies reforçam os resultados já mostrados com os mapas contínuos de adequabilidade. Os modelos previram uma redução na área de distribuição das três espécies estudadas, porém a intensidade dessa redução variou conforme a espécie, o ano e o cenário de mudanças climáticas. Embora a redução na área adequada tenha sido mais acentuada no cenário SSP 585 em 2080 (Figura 19), mesmo no cenário SSP 245 foram previstas perdas significativas de áreas adequadas para todas as espécies (Figuras 15 e 16).

Para *O. catharinensis* foi prevista uma redução de área de 30% em 2040 e 51% em 2080 no cenário SSP 245 (Figura 15). Essa perda foi ainda mais acentuada no cenário SSP 585, sendo estimada em 32% e 67% em 2040 e 2080, respectivamente (Figura 16). Em todos os cenários e anos avaliados, a perda de área ocorreu principalmente na margem oeste da distribuição da canela-preta. Os modelos previram a perda total da área adequada para a canela-preta no estado do Espírito Santo no cenário SSP 245 em 2080, e o mesmo ocorreu no Rio de Janeiro no cenário SSP 585. De acordo com os critérios da IUCN, a categoria de conservação da espécie mudaria de vulnerável no presente, para ameaçada em 2080 em ambos os cenários de mudanças climáticas avaliados (Figuras 15 e 16).

Para *O. odorifera* foi prevista uma redução de área de 39% em 2040 e 71% em 2080 no cenário SSP 245 (Figura 15). Essa perda foi ainda mais acentuada no cenário SSP 585, sendo estimada em 42% e 86% em 2040 e 2080, respectivamente (Figura 16). Em todos os cenários e anos avaliados, a perda de área ocorreu principalmente na margem leste e norte da distribuição da canela sassafrás. Os modelos previram perda de área adequada para a canela sassafrás nos estados do sudeste, principalmente em Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo em ambos os cenários avaliados em 2080. Embora não exista avaliação disponível para a canela-sassafrás na IUCN, com base na perda de área adequada para a espécie a categoria de conservação em 2080 no cenário SSP 245 (Figura 15) seria de ameaçada, e de criticamente ameaçada no cenário SSP 585 (Figura 16).

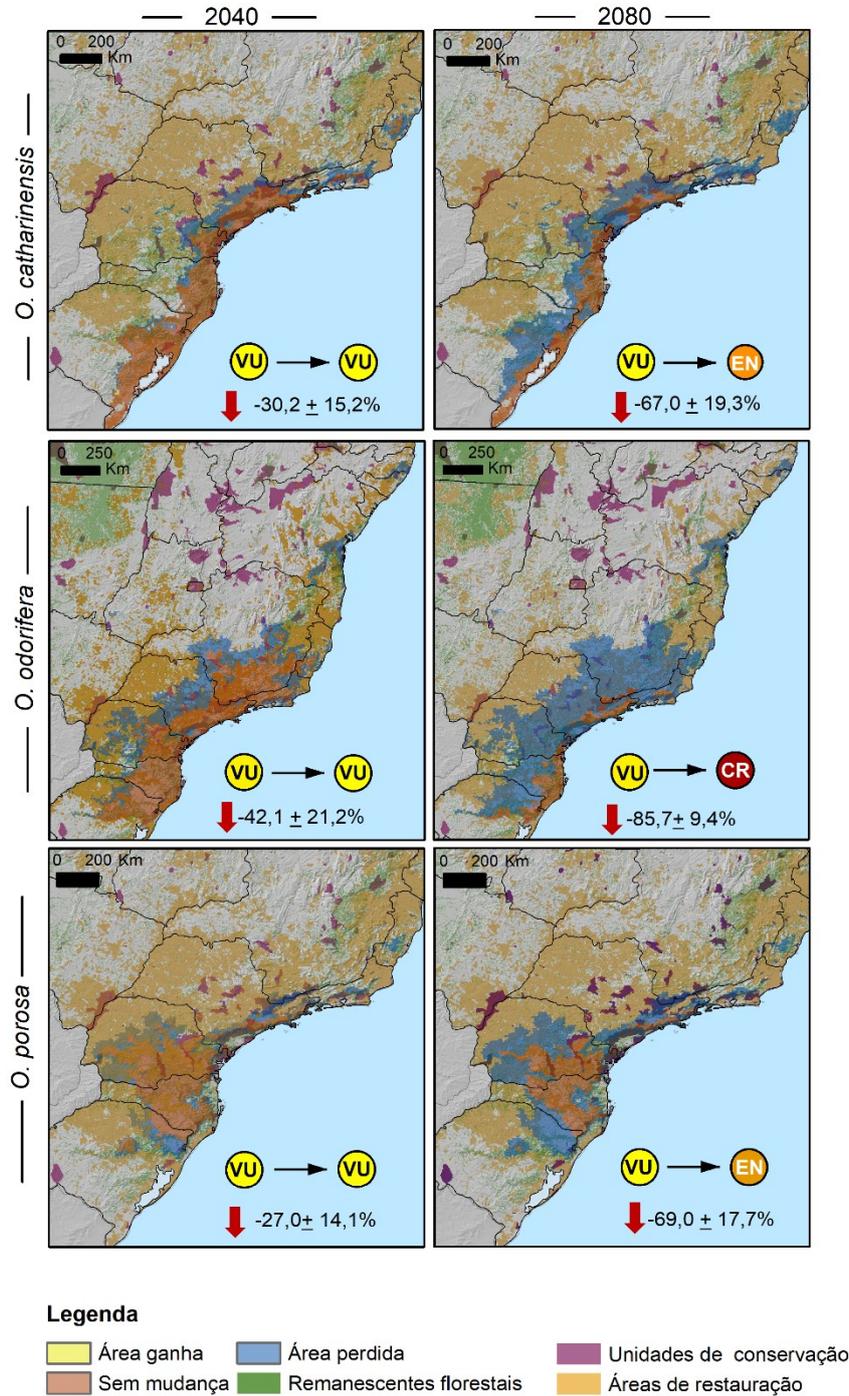
Uma redução de área de 25% em 2040 e 45% em 2080 foi prevista para *O. porosa* no cenário SSP 245 (Figura 15). No cenário SSP 585 a perda foi estimada em 27% e 69% em 2040 e 2080, respectivamente (Figura 16). Em todos os cenários e anos avaliados, a perda de área ocorreu principalmente na margem norte, 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 (Figura 16).

Figura 15- Mudanças na distribuição de *Ocotea catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa* no cenário de mudanças climáticas SSP 245 em 2040 e 2080. As categorias de conservação são baseadas na International Union for Conservation of Nature (IUCN): VU – vulnerável, EN – ameaçado; CR – criticamente ameaçado; e NE – não avaliado.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 16 - Mudanças na distribuição de *Ocotea catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa* no cenário de mudanças climáticas SSP 585 em 2040 e 2080. As categorias de conservação são baseadas na International Union for Conservation of Nature (IUCN): VU – vulnerável, EN – ameaçado; CR – criticamente ameaçado; e NE – não avaliado

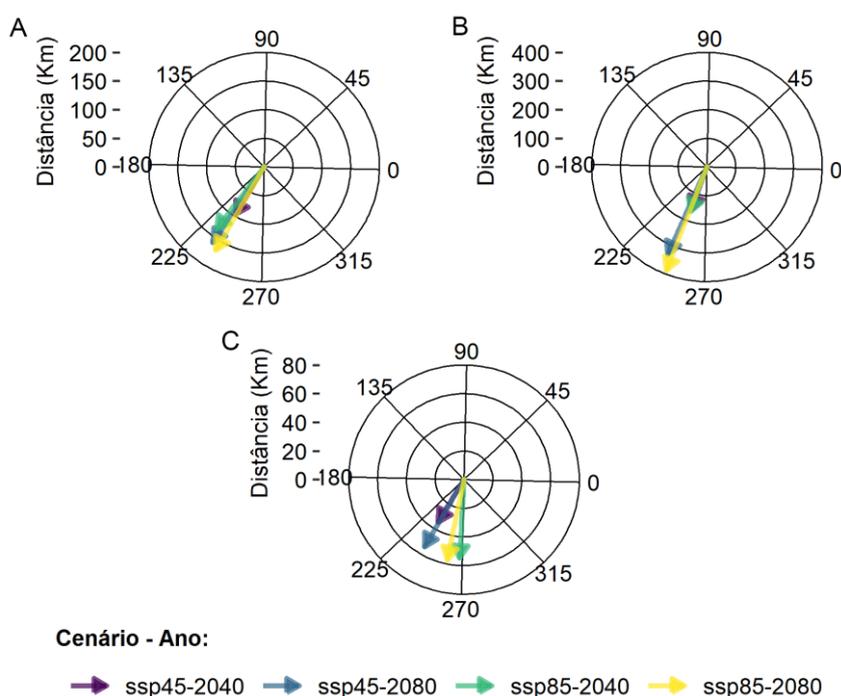


Fonte: Elaborado pela autora

5.6 MUDANÇA DE CENTROIDE DA DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES

De modo geral, a mudança no centroide da distribuição das espécies variou conforme o ano e o cenário de mudança climática, porém algumas semelhanças foram observadas entre as espécies (Figura 17). Por exemplo, a direção da mudança ocorreu no sentido sul-sudoeste para as três espécies em todos os anos e cenários de mudanças climáticas. Por outro lado, a distância na mudança dos centróides variou conforme a espécie, o ano e o cenário de mudanças climáticas. Para *O. catharinensis* foi estimado um deslocamento do centroide de aproximadamente 99 km em 2040 e 170 km em 2080 no cenário SSP 245. Já no cenário SSP 585, o deslocamento foi de aproximadamente 140 km em 2040 e 180 km em 2080 (Figura 17A). A distância na mudança da distribuição de *O. odorifera* foi estimada 155 km em 2040 e 333 km no cenário SSP 245 em 2080. Já no cenário SSP 585, o deslocamento foi de aproximadamente 165 km em 2040 e 387 km em 2080 (Figura 17B). Um deslocamento de aproximadamente 34 km em 2040 e 54 km em 2080 foi previsto para *O. porosa* no cenário SSP 245. Esse deslocamento foi de aproximadamente 54 km em 2040 e 57 km em 2080 no cenário SSP 585 (Figura 17C).

Figura 17- Mudança na direção e distância do centro da distribuição de *Ocotea catharinensis* (A), *O. odorifera* (B) e *O. porosa* (C) em diferentes anos (2050 e 2080) e cenários de mudanças climáticas (SSP 245 e SSP 585).

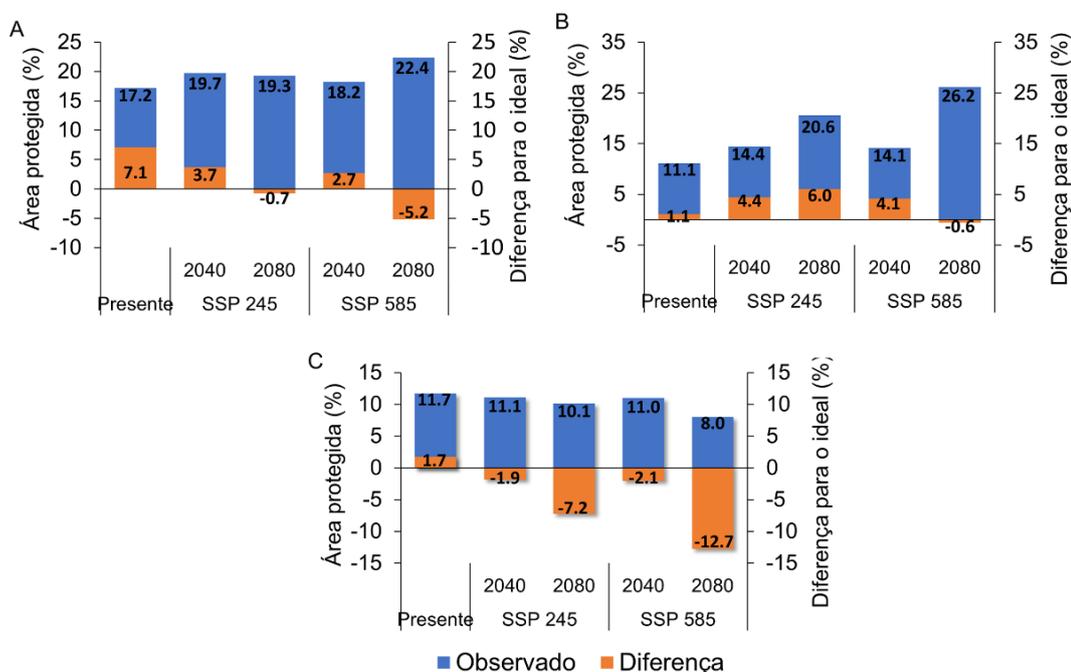


Fonte: Elaborado pela autora

5.7 DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES EM ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS

A porcentagem de áreas estimadas como adequadas e legalmente protegidas por unidades de conservação variou conforme a espécie, os anos e cenários de mudanças climáticas. Para *O. catharinensis*, mais de 17% da área predita como adequada se localiza em unidades de conservação existentes com base em dados climáticos atuais (Figura 18A). Porém, devido a necessidade de aumento na proporção de proteção mínima em decorrência da diminuição na área de distribuição da espécie prevista para 2080, foi observado um déficit entre o mínimo e o protegido em 2080 em ambos os cenários de mudanças climáticas (Figura 18A). A proporção da área predita como adequada para *O. odorifera* que é legalmente protegida aumentou nos cenários de mudanças climáticas (Figura 18B). Com exceção de 2080 no cenário SSP 585, as unidades de conservação existentes seriam suficientes para proteger a espécie com base na sua área de distribuição (Figura 18B). Por outro lado, a imbuia foi a espécie que apresentou a menor proporção de área predita como adequada e legalmente protegida variando de 8% em 2080 no cenário SSP 585 a 12% no cenário atual (Figura 18C). Devido à redução prevista na área de distribuição da espécie e, portanto, à maior necessidade de proteção, a imbuia é a espécie que tem o maior déficit entre a área mínima de proteção e o que efetivamente seria protegido considerando as unidades de conservação atualmente existentes (Figura 18C). Esse déficit seria de 13% no cenário SSP 585 em 2080.

Figura 18- Porcentagem das áreas previstas como adequadas para *Ocotea catharinensis* (A), *O. odorifera* (B) e *O. porosa* (C) em áreas legalmente protegidas (unidades de conservação) e diferença entre a proporção de proteção mínima e observada em diferentes anos (2050 e 2080) e cenários de mudanças climáticas (SSP 245 e SSP 585).

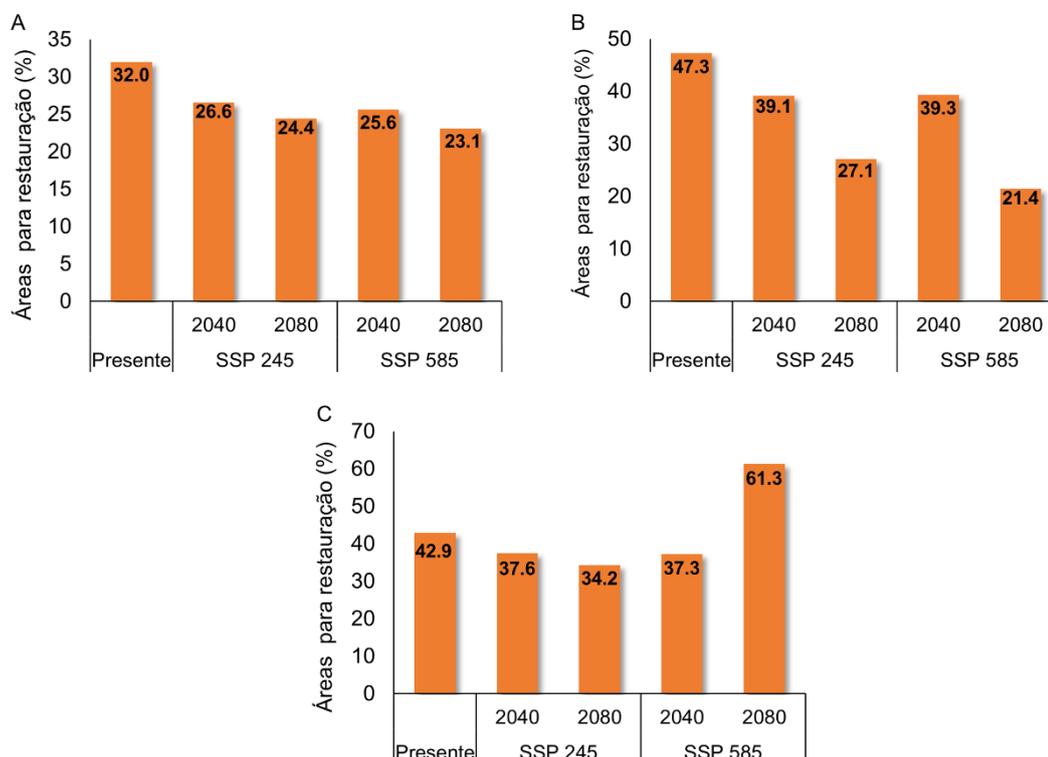


Fonte: Elaborado pela autora

5.8 DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES EM ÁREAS QUE DEMANDAM RESTAURAÇÃO

A porcentagem de áreas estimadas como adequadas que se encontram em áreas que demandam restauração para se adequar ao Código Florestal Brasileiro variou conforme a espécie, o ano e o cenário de mudanças climáticas (Figura 19). No caso de *O. catharinensis*, a variação foi de 32% no presente a 23% no cenário SSP 585 em 2080 (Figura 19). Para *O. odorifera* essa variação foi de 47% em condições atuais a 21% em 2080 no cenário SSP 585 (Figura 19B). No caso da *O. porosa*, atualmente 43% da área predita como adequada está distribuída em áreas que demandam restauração, mas esse valor será de 61% em 2080 no cenário SSP 585, indicando que uma parte significativa da área adequada para a espécie compreenderá áreas atualmente degradadas (Figura 19C).

Figura 19- Porcentagem das áreas adequadas para *O. catharinensis* (A), *O. odorifera* (B) e *O. porosa* (C) que demandam restauração para se adequarem ao código florestal brasileiro.



Fonte: Elaborado pela autora

6 DISCUSSÃO

Neste estudo, modelos de nicho ecológico foram utilizados para estimar a distribuição presente e futura de três espécies do gênero *Ocatea* de importância ecológica e econômica. Esses dados foram combinados com análises espaciais para avaliar a mudança no uso do solo dentro da área adequada para as espécies, bem como a existência de áreas climaticamente estáveis em unidades de conservação e em áreas que demandam restauração. Historicamente, a Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros mais degradados sendo que, atualmente, restam apenas 12.4% da sua cobertura original (RIBEIRO *et al.*, 2009, SOS MATA ATLÂNTICA, INPE, 2021, IBGE, 2021). Essa perda de hábitat tem grande impacto sobre a biodiversidade, e pode ser ainda mais severa para espécies que foram exploradas economicamente em décadas passadas, como é o caso de *O. catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa* (SANTA-CATARINA; MACIEL; PEDROTTI, 2001, HOFF & SIMIONI, 2004).

Diante de um cenário de mudanças climáticas globais e considerando que essas espécies são distribuídas em regiões de clima predominantemente subtropical, é esperado que

as mudanças climáticas influenciem negativamente sua distribuição. Nesse contexto, as mudanças climáticas podem ser um fator de risco adicional para conservação dessas espécies. Apesar disso, até o momento nenhum estudo investigou o efeito das mudanças climáticas sobre a distribuição de *O. catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa*. Essa informação é de grande valia para a definição de áreas prioritárias para a conservação, e dar suporte ao planejamento de ações futuras voltadas à conservação dessas espécies.

Os MNEs são amplamente utilizados para avaliar os possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a distribuição das espécies. Nesse contexto, 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, entre outros). Embora os resultados variem conforme a espécie estudada, todas as publicações destacam que os MNE são uma importante ferramenta para investigar como uma espécie responde às mudanças climáticas, seja pela redução, expansão ou manutenção das áreas adequadas em relação às condições climáticas atuais (SILVA *et al.*, 2019). Porém, para que os resultados das projeções sejam realistas, é fundamental que os modelos gerados apresentem bom desempenho. Os modelos gerados para *O. catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa* apresentaram excelente capacidade em discriminar áreas adequadas, como pode ser verificado pelos valores de AUC e CBI superiores a 0.95 e 0.70, respectivamente. Esses resultados indicam que os modelos descrevem adequadamente os ambientes tolerados pelas espécies e, portanto, proporcionam projeções realistas das áreas adequadas.

Contudo, além do desempenho estatístico, para obtenção de projeções realistas é essencial que os modelos capturem a biologia e ecologia das espécies estudadas, o que pode ser analisado pelas curvas de resposta. Segundo a literatura, *O. catharinensis* (Carvalho, 2003a), *O. odorifera* (Carvalho, 2003b) e *O. porosa* (Carvalho, 2003c) são espécies encontradas predominantemente em climas subtropicais. De fato, as curvas de resposta demonstram que as espécies têm maior adequabilidade em regiões onde a temperatura média anual varia entre 12 e 17°C. Em temperaturas mais elevadas a adequabilidade para as três espécies reduz abruptamente, indicando a preferência por regiões com climas mais amenos. Com relação às características do solo, as três espécies ocorrem naturalmente em solos ricos em matéria orgânica, profundos e bem drenados, e com textura argilosa (CARVALHO, 2003a, b, c). Novamente, os modelos estimaram maior adequabilidade para as três espécies em solos argilosos. Além disso, é descrito na literatura que *O. porosa* ocorrem em altitudes entre 400 e

1800m (CARVALHO, 2003c), o que está de acordo com o estimado pelo modelo. Esses resultados mostram que, além da performance estatística, os modelos capturaram características relevantes que ajudam a explicar a distribuição das espécies de *Ocotea* avaliadas.

Os modelos baseados nos dados climáticos atuais estimaram áreas adequadas de acordo com a distribuição conhecida das três espécies avaliadas. Quando esses dados foram utilizados para analisar as mudanças no uso/ocupação do solo, foi verificado que as florestas continuam sendo convertidas para uso humano nos últimos 36 anos, principalmente uso agrícola. No entanto, foi observado um padrão distinto de mudança no uso do solo entre as espécies. Por exemplo, foi observada uma redução na cobertura florestal para as espécies *O. odorifera* e *O. porosa*, porém o mesmo não foi observado para *O. catharinensis*. Além disso, a cobertura florestal dentro das áreas adequadas variou entre as espécies, sendo maior para *O. catharinensis* (46%) e menor para *O. odorifera* (32%). Esses dados indicam que esses eventos continuados de conversão de habitat podem ser um fator de risco para a conservação dessas espécies.

Os modelos previram uma diminuição substancial na área de distribuição de *O. catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa* em função das mudanças climáticas, principalmente no cenário SSP 585 em 2080. Nesse ano e cenário, a espécie *O. odorifera* foi a que teve a maior redução na área adequada prevista (86%), o que, segundo os critérios da IUCN, a tornaria uma espécie criticamente ameaçada até 2080. Atualmente, essa espécie consta como Vulnerável na base de dados da IUCN, e também está presente na Lista da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção (Instrução Normativa n.6 de 2008), e em listas estaduais como a do Paraná (HATSCHBACH, G. & ZILLER, S.R., 1995), Minas Gerais (Deliberação COPAM 085/97), e Rio Grande do Sul (Decreto Estadual 42.099 de 2002). *Ocotea porosa* foi a segunda espécie que apresentou a maior redução na área adequada (69%), fazendo com que seu status mudasse de vulnerável para ameaçada. Da mesma forma, a redução de até 68% na distribuição de *O. catharinensis* a tornaria uma espécie ameaçada de extinção até 2080. Esses resultados são preocupantes, pois indicam que, além da perda de hábitat e do extrativismo ocorrido no século passado, as mudanças climáticas são um risco adicional para a conservação de *O. catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa* nas próximas décadas.

As análises de centróide mostraram um mesmo padrão na direção da mudança na distribuição das três espécies para o sentido sul-suldoeste. No entanto, a distância dessa mudança variou conforme o cenário de mudança climática e a espécie. Esse padrão similar de mudança de centroide pode ser explicado pela perda de área adequada estimada nas margens

da distribuição das três espécies, particularmente na faixa norte. A distância da mudança de centroide foi mais pronunciada para *O. odorifera*, que foi a espécie que apresentou a maior perda estimada de área adequada na faixa norte da sua distribuição.

Dado o potencial impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição da canela-preta, canela-sassafrás e da imbuia, o desenvolvimento de programas de conservação é essencial para a proteção dessas espécies. Combinadas com as informações disponíveis sobre a biologia e ecologia das espécies, os resultados deste estudo podem servir como subsídio para o desenvolvimento de estratégias de conservação *ex situ* e *in situ*; cujo objetivo é manter em longo prazo a viabilidade destas espécies. As áreas preditas para perder adequabilidade no futuro podem ser priorizadas para o uso de estratégias *ex situ*, envolvendo a coleta de sementes com qualidade genética, considerando sua fundamental importância para a recuperação, enriquecimento, formação de fragmentos florestais e, conseqüentemente, na diminuição dos efeitos da fragmentação sobre as populações vegetais. O conhecimento sobre a variação genética é um requisito fundamental para a formação de bancos de germoplasma, auxiliando no desenvolvimento de estratégias que visam à conservação das espécies (GUERRA & REIS, 1999). A perda de área foi estimada predominantemente nas margens da distribuição das três espécies. Estudos mostram que populações localizadas nas margens de distribuição das espécies tendem a apresentar maior diferenciação genética e ocorrência de alelos raros (KREMER & ZANETTO, 1995; BACKES *et al.*, 2019; KENNEDY *et al.*, 2020), o que reforça a vantagem de priorizar a coletas de sementes nessas áreas.

Por outro lado, regiões previstas como climaticamente estáveis podem ser priorizadas para conservação *in situ*, pois apresentam melhores condições ambientais para proteção de *O. catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa* a longo prazo. Nesse contexto, as unidades de conservação são essenciais para a conservação *in situ*. Embora as análises sugiram que as unidades de conservação existentes fornecem boa cobertura para a proteção das três espécies com base nas suas áreas de ocorrência atuais, no futuro novas áreas poderão ser necessárias devido à redução prevista na distribuição das espécies. Por exemplo, atualmente 17% da área predita como adequada para *Ocotea catharinesis* está legalmente protegida, e esse valor seria de 22% em 2080 no cenário SSP 8.5, segundo os modelos. Porém, devido à redução na área prevista como adequada para a espécie, ainda assim existira um déficit de 5% de área mínima a ser protegida. A situação é ainda pior para a imbuia, que apresenta demanda de novas unidades de conservação em todos os anos e cenários de mudanças climáticas avaliados. No pior cenário possível (SSP 8.5 – 2080), o déficit entre a área protegida e o mínimo que deveria ser protegido chega a 13%. Novas áreas podem ser propostas em regiões que sejam

climaticamente estáveis para mais de uma espécie, a fim de maximizar a eficiência das unidades criadas.

Outra estratégia de conservação *in situ* que pode ser utilizada para a conservação das espécies é a restauração florestal. Os resultados mostram que uma porcentagem significativa das áreas estimadas como adequadas se encontram em áreas que demandam restauração para se adequar ao Código Florestal Brasileiro. Essas áreas podem ser priorizadas para aplicação de técnicas de restauração. Estudos sobre o tema obtiveram excelentes resultados, contribuindo como alternativas para a conservação e manejo sustentável dessas espécies. Por exemplo, estudos realizados por Cetnarski Filho (2003) no Município de Tijucas do Sul, no Paraná, demonstraram que plantas de *O. odorifera* obtidas de regeneração natural conduzidas em viveiro por 120 dias são uma alternativa viável para o replantio da espécie, uma vez que apresentaram maiores índices de sobrevivência quando submetidas a tratamentos com sombreamento. O estudo realizado por Moritz *et al.*, (2009) com *O. catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa* demonstra que as técnicas de propagação *in vitro* como o desenvolvimento de protocolo de micropropagação das espécies. adequam-se a programas de introdução, multiplicação, conservação das espécies. Essa proposta vai ao encontro da iniciativa proposta por órgãos ambientais. A Portaria MMA nº 561, de 15 de dezembro de 2021 instituiu uma lista de espécies nativas ameaçadas de extinção como incentivo ao uso em métodos de restauração florestal em áreas degradadas ou alteradas, focando em algumas espécies, entre elas a canela-sassafrás.

Apesar da ampla utilização dos MNE para avaliar impactos das mudanças climáticas, é necessário salientar as limitações dessa técnica. Um dos requisitos mais importantes dessa abordagem é a quantidade razoável de ocorrências disponíveis, visto que este fator influencia diretamente na resposta preditiva dos modelos (STOCKWELL; PETERSON, 2002), além de ser necessário que as ocorrências representem a distribuição atual da espécie (NAIMI *et al.*, 2014). No presente estudo, os registros de ocorrência utilizados representam adequadamente a distribuição conhecida das espécies estudadas.

Outra possível limitação diz respeito ao algoritmo utilizado para gerar os modelos. Apesar de alguns autores defenderem a criação de mapas de consenso baseados em vários algoritmos, estudos realizados para testar essa hipótese mostram que modelos desenvolvidos com um único algoritmo podem apresentar desempenho similar ou superior ao método de consenso (CRIMMINS *et al.*, 2013; ZHU; PETERSON, 2017; HAO *et al.*, 2020). Nesse estudo, foi utilizado o algoritmo MaxEnt, que é reconhecido por sua robusta capacidade preditiva na distribuição potencial de espécies (GRÜNIG *et al.*, 2020). Além disso, nesse

estudo foi empregada a metodologia mais recente recomendada pela literatura, incluindo o teste de diferentes modelos para selecionar o melhor para cada espécie. Uma terceira limitação está relacionada ao fato de os modelos não considerarem a possibilidade das espécies se adaptarem às mudanças climáticas. Em caso de adaptação das espécies, as projeções superestimariam a redução na distribuição das espécies. Apesar dessas limitações, os MNEs continuam a ser uma ferramenta útil para auxiliar na definição de áreas prioritárias para a conservação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesse estudo evidenciam que os modelos gerados estão de acordo com a ecologia de *O. catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa*, como pode ser atestado pelas curvas de resposta. As análises espaciais mostram que a conversão de florestas para uso humano continua dentro das áreas preditas como adequadas com base no clima atual. Os modelos desenvolvidos neste estudo previram uma grande redução nas áreas adequadas para as três espécies devido às mudanças climáticas, sendo que esse efeito foi mais drástico no cenário SSP 585. Esses resultados mostram que as mudanças climáticas são um risco adicional para a conservação das três espécies, e sugerem que o status de conservação tende a piorar nas próximas décadas. Desse modo, medidas de conservação *ex situ* envolvendo a coleta de sementes em áreas preditas para se tornarem inadequadas, e *in situ* nas áreas climaticamente estáveis, são essenciais para a conservação dessas espécies-chave nos ecossistemas que ocorrem e que por décadas foram fundamentais para o desenvolvimento econômico na região sul do Brasil.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, J. T.; HIGUCHI, P.; SILVA, A. 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.
- AKAIKE, H. A new look at statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, AU-19, 716–722, 1974.
- ALLAIRE, J. J. *et al.* Package ‘networkD3’. D3 JavaScript network graphs from R. R package version 0.4, URL <http://CRAN.R-project.org/package=networkD3>. 2017.
- ALLAN, R. J. *et al.* The minimum land área requiring conservation attention to safeguard biodiversity. *Science*, 376, 1094-1101, 2022.
- AMATO, C. M. **Ecologia de populações de *Ocotea Porosa* (Nees) Barroso em áreas submetidas a diferentes graus de perturbação**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 57 f., 2008.
- ANDERSON, R. P. *et al.* Geographical distributions of spiny pocket mice in South America: insights from predictive models. **Global Ecology and Biogeography**, v. 11, n. 2, p. 131-141, 2002.
- ANDERSON, R. P. *et al.* Evaluating predictive models of species’ distributions: criteria for selecting optimal models. **Ecological Modelling**, v. 55, n. 5, p. 211–232, 2003.
- ARAÚJO, M. B.; WILLIAMS, P. H. Selecting areas for species persistence using occurrence data. **Biological Conservation**, v. 96, n. 3, p. 331-345, 2000.
- ARROYO-RODRIGUES, V. *et al.* Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: new insights from forest succession, forest fragmentation and landscape ecology research. **Biological Reviews**, [s. l.], v. 92, n. 1, p. 326-340, 2017.
- ARTAXO, P. Mudanças climáticas e o Brasil. **Revista USP**, n. 103, p. 8-12, 2014.
- BACKES, A. *et al.* How diverse can rare species be on the margins of genera distribution? **AoB Plants**, v. 11, n. 4, p. plz037, 2019.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Ávores do Sul: Guia de Identificação e Interesse Ecológico**. 2. ed. Porto Alegre, RS, Brasil: Paisagem do Sul, p.332, 2009.
- BAITELLO, J. B. Novas espécies de Lauraceae para a flora brasileira. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 3, p. 445-450, 2001.
- BARBOSA, N. P.U., FERNANDES, G.W. Rupestrian Grassland: Past, Present and Future Distribution. In: FERNANDES, g. (eds) **Ecology and Conservation of Mountain top grasslands in Brazil**, p. 531-544, 2016.

BARROSO, G. M. *et al.* Sistemática de Angiospermas do Brasil. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, v. 1., 2002.

BEAN, W. T. *et al.* The effects of small sample size and sample bias on threshold selection and accuracy assessment of species distribution models. **Ecography**, v. 35, n. 3, p.250–258, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Efeito Estufa e Aquecimento Global**. 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/ciencia-da-mudanca-do-clima/efeito-estufa-e-quecimento-global>

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente. **Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção**. 2014. <Disponível em: <https://www.ibama.gov.br> >. Acesso em: 19/08/2021.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente. **Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção**. 2016. <Disponível em: <https://www.ibama.gov.br> >. Acesso em: 19/08/2021.

BRITO, J.C. *et al.* Biogeography and conservation of taxa from remote regions: an application of ecological-niche based models and GIS to North-African canids. **Biological Conservation**, v.142, n. 12, p. 3020–3029, 2009.

BROTTO, M. L. **Estudo Taxonômico do Gênero *Ocotea* Aubl. (Lauraceae) na Floresta Ombrófila Densa no estado do Paraná, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 92 p, 2010.

BROTTO, M. L.; CERVI, A. C.; SANTOS, E. P. O gênero *Ocotea* (Lauraceae) no estado do Paraná, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 3, p. 495-525, 2013.

BUIZER M. *et al.* Climate Change and Deforestation: The evolution of an intersecting policy domain. **Environmental Science & Policy**. v. 35, p. 1-11, 2014.

BURNHAM, K.P. *et al.* AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: Some background, observations, and comparisons. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 65, p. 23-35. 2011.

BUTCHART, S. H. M. *et al.* Shortfalls and solutions for meeting national and global conservation area targets. **Conservation Letters** , V. 8, n. 5, p. 329–337, 2015.

CANADELL, J. G. *et al.* Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 104, n. 47, p. 18866-18870, 2007.

CARVALHO, P. E. R. Canela-sassafrás. Circular técnica, 110. Colombo: EMBRAPA Florestas. 12 p., 2005.

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

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras: **Canela preta- *Ocotea catharinensis***. Colombo: EMBRAPA/CNPR, p. 1039, 2003a.

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras: **Canela- sassafrás- *Ocotea odorifera***. Colombo: EMBRAPA/CNPR, p. 1039, 2003b.

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras: **Imbuia- *Ocotea porosa***. Colombo: EMBRAPA/CNPR, p. 1039, 2003c.

CARVALHO, P.E.R. Espécies Florestais Brasileiras: recomendações silviculturais. **Potencialidades e uso da madeira: 367-370**. Colombo, EMBRAPA-CNPQ, 1994.

CARVALHO, P.E.R. Espécies Arbóreas Brasileiras, Vol. 1; EMBRAPA Informação Tecnológica: Brasília, Brazil, 2003.

CASADEI, R. et al. Polyvinylamine Membranes Containing Graphene-Based Nanofillers for Carbon Capture Applications. **Membranes**, [S. l.], Italy, v. 9, n. 9, p. 119, 2019.

CETNARSKI FILHO, R. **Regeneração natural de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer (canela-sassafrás) em uma Floresta ombrófila Mista**, no Estado Paraná. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2003.

CETNARSKI-FILHO, R.; NOGUEIRA, A. C. Regeneração natural de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer (canela-sassafrás). **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 61-68, 2004.

CHAKRABORTY, S. Effects of climate change. In: WALLER, J. M. L.; WALLER, S. J. (Editora). **Plant pathologist's pocketbook**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 203-207.

CHAKRABORTY, S.; PANGGA, I. B. Plant disease and climate change. In: GILLINGS, M.; HOLMES, A. (Editora). **Plant microbiology**. London: BIOS Scientific Publishers, p. 163-180, 2004.

CHAVES, E. B. *et al.* Emissões dos Gases de Efeito Estufa do Sistema Produtivo do Arroz Alagado. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 8, n. 2. Rio Grande do Sul: Pesquisa e Extensão, 2017.

CHEN, G.; PETERSON, A. T. Prioritization of areas in China for biodiversity conservation based on the distribution of endangered bird species. **Bird Conservation International**. v. 12, p.197-209, 2002.

CNCFlora. Centro Nacional de Conservação da Flora. 2016. Disponível em: <<http://cncflora.jbrj.gov.br>>. Acesso em 19/08/ 2021.

CNC FLORA. Revisão da Lista da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção 2021. Disponível em < <http://www.cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha/LAURACEAE> >, acessado em: 22/08/2021.

COAKLEY, S. M.; SCHERM, H. Plant disease in a changing global environment. **Aspects of Applied Biology** (United Kingdom), v. 45, p. 227-238, 1996.

COE-TEIXEIRA, B. Lauráceas do gênero *Ocotea*, do estado de São Paulo. **Rodriguésia**, v. 32, p. 55-190, 1980.

CRIMMINS, S. M. *et al.* Evaluating ensemble forecasts of plant species distributions under climate change. **Ecological Modelling**, [S.L.], v. 266, p. 126-130, 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.07.006>.

DALMASO, C. A. *et al.* Padrões espaciais na regeneração de *Ocotea odorifera* na Floresta Nacional de Irati, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 2, p. 301-312, 2013.

MAÇANEIRO, J. P. *et al.* Paradox between species diversity and conservation: a Subtropical Atlantic Forest reserve in Brazil has similar tree species diversity to unprotected sites in the same region. **Tropical Conservation Science**, v. 9, n. 4, p. 1940082916668011, 2016.

DULLIUS, A.; SILVA, M. C. A. Região do Lagamar: fronteiras abertas para o re/ordenamento territorial. **Revista Eletrônica Expedições: Teoria da História e Historiografia**. v. 7, n.2, p. 84-97, 2016.

DULLIUS, A.; SILVA, M. C. A. Uso de ferramentas de adaptações baseadas em ecossistemas para mudanças climáticas: revisão da literatura. **Guaju**, Mantinhos, v. 3, n.1, p. 132-145, 2017.

ELITH, J.; GRAHAM, C.; P. ANDERSON, R. *et al.* Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. **Ecography**, v. 29, n. 2, p. 129-151, 2006.

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

FLORA DO BRASIL 2017. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>. Acesso em 19/08/2021.

FLORA DO BRASIL 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 02 jul. 2021.

FRANKE, C. R. *et al.* Mata Atlântica e biodiversidade. Salvador: EDUFBA, 2005.

FREUND, R. J.; WILSON, W. J.; SA, P. Regression analysis – Statistical Modeling of a response variable. Elsevier, Inc., San Diego, 459p, 2006.

GALETTI, M. & PIZO, M. A. Fruit eating by birds in a forest fragment in southeastern Brazil. Ararajuba, **Revista Brasileira de Ornitologia-Brazilian Journal of Ornithology**, v. 4, n. 5, p. 71-79, 1996.

GALETTI, M. Os frugívoros da Santa Genebra. **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana**. Campinas, UNICAMP, p. 66-69, 1995.

GENTRY, A. H. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 1-34, 1988.

GHINI, R. *et al.* Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 356, 2011.

GIANNINI T. C. *et al.* Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. **Rodriguésia**, v. 63, n. 3, p733-749, 2012.

GOLDBERG, D. Genetic algorithms in search, optimization and machine learning. **Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading**. Massachusetts, 1989.

GRÜNIG, M. *et al.* Inflection point in climatic suitability of insect pest species in Europe suggests non-linear responses to climate change. **Global Change Biology**, [S.L.], v. 26, n. 11, p. 6338-6349, 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.15313>.

GUERRA, M. P.; REIS, M. S. Inventário dos recursos florestais da Mata Atlântica: A exploração e utilização dos recursos, seus impactos sócio-econômicos atuais potencialidades de manejo sustentável sobre *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. **Araucaria angustifolia (Bert) O. Ktze**. Florianópolis, 1999.

GUISAN, A.; THUILLER, W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology Letters**, v. 8, n. 9, p. 993-1009, 2005.

GUISAN, A.; ZIMMERMANN, N. Predictive habitat distribution models in ecology. **Ecological Modelling**, v. 135, n. 2-3, 2000.

GUO, Q.; LIU, Y. ModEco: an integrated software package for ecological niche modeling. **Ecography**, v. 33, n. 4, p. 637-642, 2010.

HANSEN, J. *et al.* Global temperature change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 39, p.14288-14293, 2006.

HAO, C. *et al.* Interference geolocation in satellite communications systems: An overview. **IEEE Vehicular Technology Magazine**, v. 16, n. 1, p. 66-74, 2020.

HATSCHBACH, G.; ZILLER, S. R. Lista vermelha de plantas ameaçadas de extinção no Estado do Paraná. Curitiba: SEMA/GTZ, 1995.

HILL, M.P; TERBLANCHE, J.S. Niche overlap of congeneric invaders supports a single-species hypothesis and provides insight into future invasion risk: implications for global management of the *Bactrocera dorsalis* complex. **PLoS one**, v. 9, n.9, p.e90121. 2014.

HIRZEL, A. H. *et al.* Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. **Ecological modelling** v. 199, n.2, p.142-152, 2006.

HOEGH-GULDBERG, O. *et al.* Impacts of 1.5 C global warming on natural and human systems. **Global warming of 1.5° C**. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. 1 ed., p. 175–311, 2018.

HOFF, D. N.; SIMIONI, F. J. **O setor de base florestal na serra catarinense**. Lages: Uniplac, p. 268, 2004.

HÖFLING, E. & CAMARGO, H. F. A. Aves no Campus Cidade Universitaria Armando de Salles Oliveira. Edusp & IB-USP, São Paulo. 157 p, 1996.

HUTCHINSON, G. E. Concluding remarks cold spring harbor symposia on quantitative biology,22:415–427. **GS SEARCH**, 1957.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1992. Portaria No 37-N, 3 de abril de 1992. **Lista Oficial de Flora Ameaçada de extinção**. Disponível em: <www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008033627.pdf>. Acesso em: 19/03/2023.

INOUE, M. T., RODERJAN, C. V. & KUNIYOSHI, Y. S. Projeto Madeira do Paraná. Curitiba: **Fundação de Pesquisas Florestais**. 260 p, 1984.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Censo Brasileiro de 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/documentos/Sintese_Descricao_Biomas.pdf>. Acesso em: 11 out. 2022.

IPBES. Intergovernmental Panel on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019: Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. In: Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services [Díaz, S., J. Settele, E.S. Brondízio, H.T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K.A. Brauman, S.H.M. Butchart, K.M.A. Chan, L.A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S.M. Subramanian, G.F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R.R. Chowdhury, Y.J. Shin, I.J. Visseren-Hamakers, K.J. Willis, and C.N. Zayas (eds.)]. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) Secretariat, Bonn, Germany, pp. 56, 2019.

IPCC. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 2013.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2021.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change 2018. Summary for policymakers. In: Global Warming of 1.5 °C. Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.; Skea, J., et al. (eds). Geneva: IPCC, 2018.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge: Cambridge University, 2021. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf. Acesso em: 09 ago. 2021.

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.

IUCN. The World Conservation Union. A Guide to the Convention on Biological Diversity. IUCN, Gland, Switzerland. 1994.

IUCN. Red List of Threatened Species [Internet] Cambridge: IUCN. Disponível em <<https://www.iucnredlist.org>>. Acesso em 22 jan 2022

JACKSON, P. W. & MILLER, J. S. Developing a World Flora Online - a 2020 challenge to the world's botanists from the international community. **Rodriguésia** v. 66(4): p.939–946, 2015.

JAYNES, E.T. Information Theory and Statistical Mechanics. **Physical Review Journals Archive**. v. 106, n. 4, p. 620. 1957.

JIMÉNEZ-VALVERDE, A. & LOBO, J. M. Threshold criteria for conversion of probability of species presence to either–or presence–absence. **Acta Oecologica**, v. 31, n. 3, p. 361–369, 2007.

KADMON, R. F. O. & DANIN, A. Effect of roadside bias on the accuracy of predictive maps produced by bioclimatic models. **Ecological Applications**, v. 14: n. 2, p. 401- 413, 2004.

KENNEDY, J. P. *et al.* Is the central-marginal hypothesis a general rule? Evidence from three distributions of an expanding mangrove species, *Avicennia germinans* (L.) L. **Molecular Ecology**, v. 29, n. 4, p. 704-719, 2020.

KLEIN, R. M., REIS, A. & REITZ, R. Madeiras do Brasil. Ed. Lunardelli, Florianópolis, p. 320,1979.

KRINGLER *et al.* The need for and use of socio-economic scenarios for climate change analysis: a new approach based on shared socio-economic pathways. **Global Environ Change**, v. 22, n. 4, p. 807-822, 2012.

LAYTANO, D. Corografia de Santa Catarina. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro**. Rio de Janeiro, v. 245, p. 158-9, 1959.

LIMA, V. P. *et al.* Climate change threatens native potential agroforestry plant species in Brazil. **Scientific Reports**, v.12, n. 1, p. 2267, 2022.

LINO, C. F. & BECHARA, E. Estratégias e instrumentos para a conservação, recuperação e desenvolvimento sustentável na Mata Atlântica. Série Políticas Públicas 21, **São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Fundação SOS Mata Atlântica**. p. 84, 2002.

LIPPITT, C. D. *et al.* Incorporating anthropogenic variables into a species distribution model to map gypsy moth risk. **Ecological Modelling**, v. 210, n. 3, p. 339-350, 2008.

LIRA P.K., *et al.* Land-use and land-cover change in Atlantic Forest landscapes. *Forest Ecology and Management*. 278, 80-89, 2012.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. editora. São Paulo: Instituto Plantarum, v. 1, p. 196, 2008.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. Plantas medicinais brasileiras: nativas e exóticas. **Nova Odessa, São Paulo, Brazil: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda**, p. 544, 2002.

LUCAS, F. M. F. L.; CHAGAS, K. P. T.; L, F. A. Modeling the spatial distribution of a tropical dry forest tree facing climate change. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 16, n. 1, p. e8856, 2021.

LÜTHI, D. *et al.* High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present. **nature**, v. 453, n. 7193, p. 379-382, 2008.

MARCHIORO, C. A; SANTOS, K. L; SIMINSKI, A. 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.

MARENGO, J. A. O futuro do clima no Brasil. **Revista USP**, n. 103, p. 25-32, 2014.

MARINI, M. Â. *et al.* Applying ecological niche modelling to plan conservation actions for the Red- spectacled Amazon (*Amazona pretrei*). **Biological Conservation**, v. 143, n. 1, p. 102-112, 2010.

MARQUES, C. A. Importância econômica da família Lauraceae Lindl. **Revista Floresta e Ambiente**, V. 8, n.1, p.195 - 206, jan./dez. 2001.

MARQUES, C. A. Importância econômica da família Lauraceae Lindl. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 195-206, 2001.

MARQUES, M. C. M; GRELE, C.E.V. **The Atlantic Forest: History, biodiversity, threats and opportunities of the mega-diverse forest**. Springer Nature, 2021.

MCNEELY, J. A. The contributions of protected areas to sustaining society. In: **Plenary Sessions and Symposium Papers, IVth World Congress on National Parks and Protected Areas, Venezuela**. World Conservation Union (IUCN), Gland. 1992

MELO, J. *et al.* O uso da madeira em uma serraria do século XX em Santa Catarina. **Balduinia**, n. 59, p. 19-59, 2017.

MAPBIOMAS. (2021). Coleção 6.0 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil, Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 10 de maio. 2022.

MEROW, C., SMITH, M. J. & SILANDER, J. A. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. **Ecography**, v. 36, n. 10, p.1058–1069, 2013.

MEYER, A. L. S. **Integrando modelagem de nicho ecológico e dados em sig na avaliação da exposição de leontopithecus (primates: callitrichinae) às mudanças climáticas**. 2013. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Zoologia, Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2013.

MILLER, B. Veja as principais conclusões do relatório do IPCC sobre a crise climática. **Jornal CNN Brasil**, Brasília, 09 ago. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/2021/08/09/veja-as-principais-conclusoes-do-relatorio-do-ipcc-sobre-a-crise-climatica>. Acesso em: 09 ago. 2021.

MMA. Ministério Do Meio Ambiente E Mudança Do Clima. 2022. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC, 2022) <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/areasprotegidasecoturismo/sistema-nacional-de-unidades-de-conservacao-da-natureza-snuc>> Acesso em 30/04/2023.

MMA. MINISTÉRIO do Meio Ambiente/Gabinete do Ministro. Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022. Edição:108 Seção:1 Páginas:74. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Biodiversidade Brasileira. Disponível em: MMA. <https://antigo.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira.html>. Acesso em: 28/05/2023.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. 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.

MOERMOND, T. C & DENSLOW. Neotropical avian frugivores: patterns of behavior, morphology, and nutrition, with consequences for fruit selection. **Ornithological Monographs**, Washington, v.36, p. 865-897, 1985.

MORAES, P. L. R. Dispersão de sementes pelo mono-carvoeiro (*Brachyteles arachnoides* E. Geoffroy, 1806) no Parque Estadual de Carlos Botelho. **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, n. 4, p. 1193-1198, 1992.

PETRONI, L. M. **Aspectos da ecologia e comportamento do mono-carvoeiro, *Brachyteles arachnoides* (E. Geoffroy, 1806), (Cebidae-Primates)**, na Fazenda Intervalles, Serra de Paranabiacaaba, SP. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre. 78 p, 1993.

MORAES, P. L. R.; PAOLI, A. A. S. Dispersão e germinação de sementes de *Crptocarya moschata* Nees & Martius ex Nees, *O. catharinensis* Mez e *Endlicheria paniculata* (Sprengel) Macbride (Lauraceae). **Arquivos de Biologia e Tecnologia** v.38, n. 4, p. 1119-1129,1995.

MORALES, N. S. *et al.* MaxEnt's parameter configuration and small samples: Are we paying attention to recommendations? A systematic review. **PeerJ**, v. 5, n. 3, p. e3093, 2017.

MORITZ, A. *et al.* Estabelecimento in vitro de *Ocotea odorifera*, *O. catharinensis* e *O. porosa*. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, n. 59, p. 37-44, 2009. DOI: 10.4336/pfb.59.37, 2009.

MOSS R. H, et al. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. **Nature**, v. 463, n.7282, p.747–756, 2010.

MOSS, R. H. *et al.* **Towards new scenarios for analysis of emissions, climate change, impacts, and response strategies**. Intergovernmental Panel on Climate Change. Pacific Northwest National Lab. (PNNL), Richland, WA (United States), 2008.

MUÑOZ, M. E. S. *et al.* openModeller: a generic approach to species' potential distribution modelling. **GeoInformatica**, v. 15, p. 111- 135, 2009.

MUSCARELLA, R. *et al.* ENMeval: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for MaxEnt ecological niche models. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 5, n. 5, p. 1198-1205, 2014.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, [s. l.], v.403 n. 6772, p. 853-858, 2000.

NAIMI, B. *et al.* Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling?. **Ecography**, v. 37, n. 2, p. 191-203, 2014.

NASCIMENTO, A. R. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 105-119, 2001.

NAVAS, C. A.; CRUZ-NETO, A. Se extinções associadas a mudanças climáticas globais são eventos naturais, por que devemos nos preocupar com o cenário atual? **Revista de Biologia-Sumário Volume**, v. 1984, p. 9, 2008.

NOBRE, C. A. *et al.* Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.113, n. 39, p.10759-68, 2016.

NOSS, R. F. Protected areas: how much is enough? Em R.G. Wright (ed.) **National Parks and Protected Areas: Their Role in Environmental Protection**. Blackwell Science Publications, Oxford, p. 91-120, 1996.

O'NEILL, B. C. *et al.* A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. **Climatic change**, v. 122, p. 387-400, 2013.

O'NEILL, B. C. *et al.* A new scenario framework for climate change research: The concept of shared socioeconomic pathways. **Climatic Change**, v. 122, n. 3, p. 387-400, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0905-2>

OBRZUT, V. V.; CARVALHO, R. I. N. Utilização do óleo essencial de sassafrás para o manejo da mariposa oriental em pessegueiro. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 65-71, 2011.

OLIVEIRA, L. Z. *et al.* Potencial new áreas for conservation of key botanical families in the subtropical Atlantic Forest. **Biodiversity and conservation**. v. 30, n. 13, p. 3903-3917, 2021.

ONU- **Relatório da ONU mostra que 1 milhão de espécies de animais e plantas enfrentam risco de extinção**. Nações Unidas Brasil, 8 de maio de 2019. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/relatorio-da-onu-mostra-que-1-milhao-de-especies-de-animais-e-plantas-enfrentam-risco-de-extincao/>>. Acesso em: 6 mar 2023.

PECL, G. 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. *et al.* Ecologic niche modeling and potential reservoirs for Chagas disease, Mexico. **Emerging Infectious Diseases**. V. 8, n. 7, p. 662-667, 2002b.

PETERSON, A. T. *et al.* Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. **Nature**. 416: 626-629, 2002a.

PETERSON, A. T. Predicting Species' Geographic Distributions Based On Ecological Niche Modeling. **The Condor**. v.103, n.3, p.599–605, 2001.

PETERSON, A. T.; SANCHEZ-CORDERO, V.; BEARD, C. B.; RAMSEY, J. M. Ecologic niche modeling and potential reservoirs for Chagas disease, Mexico. **Emerging Infectious Diseases**. v. 8, v. 7, p.662-667, 2002.

PINTO, L. P. *et al.* O papel das reservas privadas na conservação da biodiversidade. **RPPN: Conservação em Terras Privadas—Desafios para a Sustentabilidade. Edições CNRPPN, Planaltina do Paraná**, p. 14-27, 2004.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, v. 190, n. 3-4, p. 231- 259, 2006.

PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M. Modeling of species distributions with Maxent: novas extensões e uma avaliação abrangente. **Ecography**, v. 31, n. 2, p. 161-175, 2008.

PHILLIPS, S.J.; DUDÍK, M.; SCHAPIRE, R.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

POORTER, L. P. *et al.* Biomass resilience of Neotropical secondary forests. **Nature**, [s. l.], v. 530, n. 7589, p. 211-214, 2016.

PREVEDELLO J. A, *et al.* Impacts of forestation and deforestation on local temperature across the globe. **PLoS One**, v. 14, n. 3, p. e0213368, 2019.

PYRON, R. A. *et al.* Claims of Potential Expansion throughout the U.S. by Invasive Python Species Are Contradicted by Ecological Niche Models. **PLoS ONE**, v. 3, n. 8, p. e2931, 2008.

QUINET, A., BAITELLO, J.B. & MORAES, P.R.L. In Catálogo de plantas e fungos do Brasil (R.C. Forzza, J.F.A. Baumgratz, C.E.M. Bicudo, A. A. Carvalho Jr., A. Costa, D.P. Costa, M. Hopkins, P.M. Leitman, L.G. Lohmann, L.C. Maia, G. Martinelli, M. Menezes, M.P. Morim, M.A.N. Coelho, A.L. Peixoto, J.R. Pirani, J. Prado, L.P. Queiroz, V.C. Souza, J.R. Stehmann, L.S. Sylvestre, B.M.T. Walter & D. Zappi, orgs.). Rio de Andrea Jakobsson Estúdio/ Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, janeiro, v. 2. p. 1146-1159, 2010.

QUINET, A. *et al.* 2015. Lauraceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB143>>. Acesso em 06 mar. 2023.

RAES, N. and ter STEEGE, H. A null-model for significance testing of presence-only species distribution models. – **Ecography**, v. 30, n. 5, p. 727-736, 2007.

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

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

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.

REZENDE, C.L. *et al.* From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, [s. l.], v. 16, p. 208-214, 2018.

RIBEIRO, B. R., SALES, L. P., & LOYOLA, R. Strategies for mammal conservation under climate change in the Amazon. **Biodiversity Conservation**, v. 27, p.1943–1959, 2018.

RIBEIRO, M. C. *et al.* 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.

RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; BARROS, L. C. Tropical rain Forest regeneration in área degraded by mining in Mato Grosso State, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.190, n.2-3, p. 323-333, 2004.

RODERJAN, C. V., *et al.* As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência & Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 75-92, 2002.

ROHWER, J. G.; KUBITZKI, K. Ecogeographical differentiation in *Nectandra* (Lauraceae), and its historical implications. **Botanica Acta**, v. 106, n. 1, p. 88-99, 1993.

SAFAR, N.V. H.; MAGNAGO, L. F. S; SCHAEFER, C. E. G. R. Resilience of lowland Atlantic forests in a highly fragmented landscape: Insights on the temporal scale of landscape restoration. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 470-471, P. 118183, 2020.

SANTA-CATARINA, C.; MACIEL, S. C.; PEDROTTI, E. Germinação in vitro e embriogênese somática a partir de embriões imaturos de canela sassafrás (*Ocotea odorifera* Mez). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 501-510, 2001.

SCARANO, F. R. Ecosystem-based adaptation to climate change: concept, scalability and a role for conservation science. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 2, p. 65–73, 2017.

SCARANO, F.R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 24, n. 9, p. 2319-2331, 2015.

SCHEER, M. B. & BLUM, C. T. Arboreal diversity of the Atlantic Forest of Southern Brazil: from the beach ridges to the Paraná river. **The Dynamical Processes of Biodiversity-Case Studies of Evolution and Spatial Distribution**. Rijeka: Intech, p. 109-134, 2011.

SCIPIONI, M. 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.

SEEG. Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa. SEEG Brasil. E suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970 – 2020. 2021. Disponível em: <https://seegbr.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_9/OC_03_relatorio_2021_FINAL.pdf> Acesso em 30/04/2023.

SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Novas estimativas do SEEG Brasil – Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa – 2018. <http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission#>. Acesso em: 10/03/2020.

SEGURADO, P.; ARAÚJO, M. B. An evaluation of methods for modelling species distributions. **Journal of Biogeography**, v. 31, n. 10, p. 1555-1568, 2004.

SHAH, A. “Loss of Biodiversity and Extinctions”, **Global Issues**. v. 19, n. 01, p. 2014 <: <http://www.globalissues.org/article/171/loss-of-biodiversity-and-extinctions>>:. Acesso em 14 fevereiro 2023.

SICK, H. Introdução a ornitologia brasileira. **Editora Nova Fronteira**. Rio de Janeiro, RJ. 843p, 1997.

SILLERO, N. 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, S. *et al.* Modelagem da Distribuição Potencial de *Mangifera indica* L. sob Cenários Climáticos Futuros no Bioma Caatinga. *Revista Brasileira de Meteorologia*, [S.l.], v. 34, n. 3, p. 351-358, 2019.

SILVA, M. A. F.; HIGUCHI, P; SILVA, A. 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.

SILVEIRA, M. H. B. *et al.* Pleistocene climatic instability drove the historical distribution of forest islands in the northeastern Brazilian Atlantic Forest. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology**, [s. l.], v. 527, p. 67-76, 2019.

SIQUEIRA, M. F. **Uso da modelagem de nicho fundamental na avaliação do padrão de distribuição geográfica de espécies vegetais**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos. 106p, 2005.

SOARES-FILHO, B. *et al.* Cracking Brazil's forest code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363-364, 2014.

SOBRAL, M. *et al.* Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil. 2ª edição. São Carlos: **RiMA**, p. 357, 2013.

SOS MATA ATLÂNTICA, Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais - INPE. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica–Período 2017-2018. **São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica**, p. 65, 2019

SOS MATA ATLÂNTICA, Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais - INPE. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica–Período 2019-2020. **São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica**, p. 65, 2021.

SOUZA, G. C. P., DOMINGUES, E. P., MAGALHAES, A. S. Regional economic impacts of greenhouse gas emission mitigation policies in brazilian agriculture: the role of the degraded pasture recovery program. **23rd Annual Conference on Global Economic Analysis**. 2020.

STOCKWELL, D. R. B.; PETERSON, A. T. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. **Ecological Modelling**, v. 148, n. 1, p. 1–13, 2002.

TABARELLI, M; PERES, C. A. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic forest: implications for forest regeneration. **Biological Conservation**, v. 106, n. 2, p. 165-176, 2002.

TANNIER, C. *et al.* Impact of urban developments on the functional connectivity of forested habitats: a joint contribution of advanced urban models and landscape graphs. *Land Use Policy*, **Enschede**, v. 52, p. 76-91, mar. 2016.

TAYLOR, K. E. *et al.* An overview of CMIP5 and the experiment design. **Bulletin of the American Meteorological Society**. v. 93, n. 4, p. 485-498, 2012.

TERRIBILE, L.C., *et al.* Areas of climate stability in the Brazilian Cerrado: disentangling uncertainties through time. *Natureza & Conservação*, 10 (2), 152-159. 2012.

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

THUILLER, W. *et al.* BIOMOD- a platform for ensemble forecasting of species distributions. **Ecography**, v. 32, n. 3, p. 369-373, 2009.

TRINDADE, W.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.

VALENTE, R. A.; PETEAN, F. C. S.; VETTORAZZI, C. A. Multicriteria decision analysis for prioritizing areas for forest restoration. **Cerne**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 53-60, 2017.

VAN DER WERFF, H. A key to the genera of Lauraceae in the new world. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 78, p. 377-387, 1991.

VAN DER WERFF, H.; RICHTER, H. G. Toward an improved classification of Lauraceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, n. 83, p. 409-418, 1996.

VAN VUUREN D. P. *et al.* A new scenario framework for climate change research: scenario matrix architecture. **Climatic Change**, v. 122, p. 373-386, 2014. doi:10.1007/s10584-013-0906-1.

VAN VUUREN, D. P. *et al.* Scenarios in Global Environmental Assessments: Key characteristics and lessons for future use. **Global Environmental Change**, v. 22, n. 4, pp. 884-895, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.06.001>.

VARTY, N; GUADAGNIN, D. L. *O. catharinensis*. In: IUCN 2003. 2003 IUCN Red List of Threatened Species (Downloaded on March 2, 2004) <http://www.redlist.org>, 1999.

VELLOZO R. C. *et al.* Caractérisation des unités phytogéographiques dans l'Etat du Paraná, Brésil, et leur état de conservation. **Biogeographica (Paris)**, v. 77, n. 4, p. 129-140, 2001.

VICENTINI, A., VAN DER WERFF, H. & NICOLAU, S. Lauraceae. In Flora da Reserva Ducke. Guia de Identificação das Plantas Vasculares de uma Floresta de Terra-Firme na Amazônia Central (J.E.L.S. RIBEIRO, M.J.G. HOPKINS, A. VICENTINI, C.A. SOTHERS, M.A.S. COSTA, J.M. BRITO, M.A. SOLZA, L.H.P. MARTINS, L.G. LOHMANN, P.A.C.L. ASSUNÇÃO, E.C. PEREIRA, C.F. SILVA, M.R. MESQUITA, L.C. PROCÓPIO, orgs). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, p. 150- 179, 1999.

VIEIRA, L. **O rumo atual e a perda da biodiversidade no Brasil**. 2014. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/colunas/colunistas-convidados/28642-o-rumo-atual-e-a-perda-da-biodiversidade-no-brasil/>>. Acesso em: 4 mar. 2023.

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

WHEELWRIGHT, *et al.* Tropical fruiteating birds and their food plants: a survey of a Costa Rican lower montane forest. **Biotropica**, v. 16 p. 173–192, 1984.

WREGGE, M. 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.

WREGGE, M. S. *et al.* Distribuição natural e habitat da araucária frente às mudanças climáticas globais. **Pesq. Florest. Bras.** v. 37, p. 331–346. 2017.

WRI. World Resources Institute, The World Conservation Union e Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. 1992. A Estratégia Global de Biodiversidade. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, São Jose dos Campos.

KREMER, A; ZANETTO, A. Geographical structure of gene diversity in *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. I. Monolocus patterns of variation. **Heredity**, v. 75, n. 5, p. 506-517, 1995.

ZANOTELLI P, KISSMANN C. Germinação de sementes de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer: temperatura de incubação e tratamentos pré-germinativos. **Ciência e Natura**, v.39, n. 1, p.16-21, 2017.

ZAÚ, A. S. Fragmentação da Mata Atlântica: aspectos teóricos. **Floresta e Ambiente**. v. 5, n.1, p. 160-70, 1998.

ZHU, G. P.; PETERSON, A. T. Do consensus models outperform individual models? Transferability evaluations of diverse modeling approaches for an invasive moth. **Biological Invasions**, v. 19, p. 2519-2532, 2017.

ANEXOS

Anexo 4. Registros de ocorrência de *Ocotea catharinensis* utilizados na modelagem após a aplicação de filtragem delimitando uma distância mínima de 20 km entre cada ponto. Os registros foram obtidos da literatura e das bases *on-line* Global Biodiversity Information Facility (GBIF) e SpeciesLink.

Espécie	Longitude	Latitude
<i>O.catharinensis</i>	-49.585	-26.7275
<i>O.catharinensis</i>	-49.291667	-28.359444
<i>O.catharinensis</i>	-49.727222	-29.335833
<i>O.catharinensis</i>	-48.600278	-26.49
<i>O.catharinensis</i>	-48.52950925	-27.72244937
<i>O.catharinensis</i>	-46.3	-23.75
<i>O.catharinensis</i>	-51.577222	-29.995
<i>O.catharinensis</i>	-48.873333	-26.025
<i>O.catharinensis</i>	-49.010556	-25.387778
<i>O.catharinensis</i>	-48.709722	-24.829722
<i>O.catharinensis</i>	-42.556111	-22.394167
<i>O.catharinensis</i>	-49.501667	-27.36
<i>O.catharinensis</i>	-48.78	-27.36
<i>O.catharinensis</i>	-49.051944	-27.268611
<i>O.catharinensis</i>	-48.69	-26.19
<i>O.catharinensis</i>	-49.047778	-26.1925
<i>O.catharinensis</i>	-48.530833	-27.127222
<i>O.catharinensis</i>	-47.29368	-24.01288
<i>O.catharinensis</i>	-46.614167	-23.641944
<i>O.catharinensis</i>	-48.3994	-25.0013
<i>O.catharinensis</i>	-48.669444	-25.3
<i>O.catharinensis</i>	-50.3447	-30.37045
<i>O.catharinensis</i>	-42	-22.456389
<i>O.catharinensis</i>	-48.869444	-25.597778
<i>O.catharinensis</i>	-43.421667	-22.539167
<i>O.catharinensis</i>	-48.992147	-25.848411
<i>O.catharinensis</i>	-40.814722	-19.897778
<i>O.catharinensis</i>	-51.015556	-30.276667

<i>O.catharinensis</i>	-46.927972	-23.111861
<i>O.catharinensis</i>	-44.8	-23.366667
<i>O.catharinensis</i>	-45.945278	-23.330333
<i>O.catharinensis</i>	-40.715694	-20.102278
<i>O.catharinensis</i>	-48.5746994	-25.88279915
<i>O.catharinensis</i>	-51.02330017	-30.08110046
<i>O.catharinensis</i>	-49.06610107	-26.91939926
<i>O.catharinensis</i>	-48.82720184	-26.89970016
<i>O.catharinensis</i>	-49.64310074	-27.21419907
<i>O.catharinensis</i>	-48.55920029	-27.31469917
<i>O.catharinensis</i>	-48.81999969	-28.34140015
<i>O.catharinensis</i>	-43.04059982	-22.65279961
<i>O.catharinensis</i>	-40.60029984	-19.93560028
<i>O.catharinensis</i>	-51.30110168	-30.29109955
<i>O.catharinensis</i>	-41.13470078	-20.3397007
<i>O.catharinensis</i>	-45.84000015	-23.53000069
<i>O.catharinensis</i>	-40.40670013	-19.93250084
<i>O.catharinensis</i>	-47.5	-23.95999908
<i>O.catharinensis</i>	-48.91749954	-27.09810066
<i>O.catharinensis</i>	-49.61669922	-29.11389923
<i>O.catharinensis</i>	-48.32889938	-25.30669975
<i>O.catharinensis</i>	-48.9292	-27.9014
<i>O.catharinensis</i>	-46.483299	-23.355
<i>O.catharinensis</i>	-47.923819	-24.184255
<i>O.catharinensis</i>	-47.091701	-23.761101
<i>O.catharinensis</i>	-46.883301	-22.9167
<i>O.catharinensis</i>	-47.918098	-24.4042
<i>O.catharinensis</i>	-45.516667	-23.583333
<i>O.catharinensis</i>	-48.11999893	-24.72999954
<i>O.catharinensis</i>	-50.50970078	-30.25779915
<i>O.catharinensis</i>	-44.95999908	-23.06999969
<i>O.catharinensis</i>	-41.53580093	-20.3458004
<i>O.catharinensis</i>	-48.99110031	-24.65719986

<i>O.catharinensis</i>	-51.3280556	-30.1011667
<i>O.catharinensis</i>	-49.93470001	-29.36499977
<i>O.catharinensis</i>	-50.23361111	-30.08583333
<i>O.catharinensis</i>	-48.84560013	-26.30439949
<i>O.catharinensis</i>	-42.96559906	-22.41220093
<i>O.catharinensis</i>	-51.39580154	-30.67329979
<i>O.catharinensis</i>	-49.19889832	-25.92810059
<i>O.catharinensis</i>	-50.12189865	-27.48310089
<i>O.catharinensis</i>	-43.20750046	-22.90279961
<i>O.catharinensis</i>	-48.93280029	-26.72060013
<i>O.catharinensis</i>	-50.2696991	-29.88669968
<i>O.catharinensis</i>	-45.068056	-23.325278
<i>O.catharinensis</i>	-45.31000137	-23.21999931
<i>O.catharinensis</i>	-49.27420044	-26.73830032
<i>O.catharinensis</i>	-49.4977777	-26.9097222
<i>O.catharinensis</i>	-49.05	-27.4505556
<i>O.catharinensis</i>	-49.195	-27.0930555
<i>O.catharinensis</i>	-49.3936111	-27.1802778
<i>O.catharinensis</i>	-49.4530556	-28.8472222
<i>O.catharinensis</i>	-48.4216667	-24.5108333
<i>O.catharinensis</i>	-49.252056	-27.987117
<i>O.catharinensis</i>	-49.771083	-27.449206
<i>O.catharinensis</i>	-50.146339	-26.994025
<i>O.catharinensis</i>	-48.538056	-24.678889
<i>O.catharinensis</i>	-48.741389	-25.013333
<i>O.catharinensis</i>	-49.389744	-28.182903
<i>O.catharinensis</i>	-49.510464	-28.394836
<i>O.catharinensis</i>	-49.041667	-26.533611
<i>O.catharinensis</i>	-48.820278	-27.745278
<i>O.catharinensis</i>	-49.367222	-26.418333

Anexo 5. Registros de ocorrência de *Ocotea odorifera* utilizados na modelagem após a aplicação de filtragem delimitando uma distância mínima de 20 km entre cada ponto. Os registros foram obtidos da literatura e das bases *on-line* Global Biodiversity Information Facility (GBIF) e SpeciesLink.

Espécie	Longitude	Latitude
<i>O.odorifera</i>	-49.05	-27.45056
<i>O.odorifera</i>	-49.056111	-26.22639
<i>O.odorifera</i>	-49.486111	-28.93528
<i>O.odorifera</i>	-49.770556	-27.54
<i>O.odorifera</i>	-43.345	-18.116
<i>O.odorifera</i>	-43.945833	-20.11778
<i>O.odorifera</i>	-49.901111	-27.33333
<i>O.odorifera</i>	-43	-18
<i>O.odorifera</i>	-48.574722	-25.88278
<i>O.odorifera</i>	-49.98	-25.42
<i>O.odorifera</i>	-49.243056	-26.42556
<i>O.odorifera</i>	-49.616667	-29.11417
<i>O.odorifera</i>	-46.63	-23.54028
<i>O.odorifera</i>	-50.161667	-25.095
<i>O.odorifera</i>	-50.297222	-25.68333
<i>O.odorifera</i>	-43.793056	-21.84278
<i>O.odorifera</i>	-49.1025	-25.76278
<i>O.odorifera</i>	-49.5	-24.84
<i>O.odorifera</i>	-40.530278	-19.97139
<i>O.odorifera</i>	-51.385833	-25.90778

<i>O.odorifera</i>	-43.16	-22.31
<i>O.odorifera</i>	-49.548333	-27.04111
<i>O.odorifera</i>	-49.86	-28.8
<i>O.odorifera</i>	-48.689444	-27.54028
<i>O.odorifera</i>	-44.303611	-22.28111
<i>O.odorifera</i>	-43.266528	-20.29083
<i>O.odorifera</i>	-47.29368	-24.01288
<i>O.odorifera</i>	-47.876944	-24.67583
<i>O.odorifera</i>	-49.0553	-25.302
<i>O.odorifera</i>	-49.5084	-25.3276
<i>O.odorifera</i>	-50.9483	-25.215
<i>O.odorifera</i>	-43.194167	-19.0025
<i>O.odorifera</i>	-43.705278	-20.08833
<i>O.odorifera</i>	-50.216111	-26.32472
<i>O.odorifera</i>	-48.687222	-21.40222
<i>O.odorifera</i>	-45.650417	-20.38106
<i>O.odorifera</i>	-48.6622617	-26.912
<i>O.odorifera</i>	-49.082834	-26.92603
<i>O.odorifera</i>	-48.694057	-27.77489
<i>O.odorifera</i>	-49.314799	-25.19418
<i>O.odorifera</i>	-44.510278	-22.47
<i>O.odorifera</i>	-44.852639	-22.39867
<i>O.odorifera</i>	-49.658753	-24.16144

<i>O.odorifera</i>	-44.343611	-22.59917
<i>O.odorifera</i>	-43.461944	-19.45667
<i>O.odorifera</i>	-42.089722	-19.57
<i>O.odorifera</i>	-45.266389	-22.52667
<i>O.odorifera</i>	-48.481186	-25.19123
<i>O.odorifera</i>	-43.333333	-19.285
<i>O.odorifera</i>	-43.458889	-22.55583
<i>O.odorifera</i>	-47.459167	-22.55528
<i>O.odorifera</i>	-42.986389	-20.54333
<i>O.odorifera</i>	-42.833056	-22.92278
<i>O.odorifera</i>	-40.448611	-20.15056
<i>O.odorifera</i>	-44.566667	-22.25
<i>O.odorifera</i>	-42.25	-22.5
<i>O.odorifera</i>	-42.05	-22
<i>O.odorifera</i>	-41.887778	-21.52611
<i>O.odorifera</i>	-49.957139	-25.14728
<i>O.odorifera</i>	-46.08333	-22.86666
<i>O.odorifera</i>	-41.83333	-19.66666
<i>O.odorifera</i>	-44.661444	-22.63861
<i>O.odorifera</i>	-48.82275	-25.08939
<i>O.odorifera</i>	-49	-22
<i>O.odorifera</i>	-43.566667	-18.18333
<i>O.odorifera</i>	-43.266667	-22.51667

<i>O.odorifera</i>	-49.849722	-29.36944
<i>O.odorifera</i>	-47.065751	-22.9056
<i>O.odorifera</i>	-46.927972	-23.11186
<i>O.odorifera</i>	-47.1961	-22.6458
<i>O.odorifera</i>	-46.668492	-22.69489
<i>O.odorifera</i>	-45.050278	-23.21611
<i>O.odorifera</i>	-47.695278	-23.93667
<i>O.odorifera</i>	-46.866667	-22.91667
<i>O.odorifera</i>	-46.166667	-21.48333
<i>O.odorifera</i>	-46.516861	-22.03453
<i>O.odorifera</i>	-42.033333	-20.76667
<i>O.odorifera</i>	-48.717778	-24.85833
<i>O.odorifera</i>	-42.847222	-20.79556
<i>O.odorifera</i>	-42.1391983	-19.7897
<i>O.odorifera</i>	-49.6431007	-27.2142
<i>O.odorifera</i>	-42.7766991	-19.8428
<i>O.odorifera</i>	-42.8405991	-21.0103
<i>O.odorifera</i>	-47.8899994	-22.01
<i>O.odorifera</i>	-44.9852982	-21.7222
<i>O.odorifera</i>	-46.9803009	-21.1897
<i>O.odorifera</i>	-46.365799	-20.2453
<i>O.odorifera</i>	-44.603333	-21.97611
<i>O.odorifera</i>	-49.2611008	-24.8236

<i>O.odorifera</i>	-50.65	-25.46667
<i>O.odorifera</i>	-45.9174995	-20.7617
<i>O.odorifera</i>	-46.9421997	-22.3722
<i>O.odorifera</i>	-46.7400017	-22.19
<i>O.odorifera</i>	-47.3800011	-22.35
<i>O.odorifera</i>	-44.9996986	-21.2453
<i>O.odorifera</i>	-45.9364014	-22.23
<i>O.odorifera</i>	-43.2075005	-22.9028
<i>O.odorifera</i>	-46.0499992	-20.6153
<i>O.odorifera</i>	-46.9914017	-20.9169
<i>O.odorifera</i>	-47.5	-23.96
<i>O.odorifera</i>	-42.8958015	-20.2447
<i>O.odorifera</i>	-49.3400002	-24.11
<i>O.odorifera</i>	-49.364399	-26.7828
<i>O.odorifera</i>	-51.6678009	-27.5669
<i>O.odorifera</i>	-46.4199982	-23.89
<i>O.odorifera</i>	-43.0405998	-22.6528
<i>O.odorifera</i>	-48.6161003	-26.1169
<i>O.odorifera</i>	-51.0863991	-26.23
<i>O.odorifera</i>	-49.2914009	-28.3589
<i>O.odorifera</i>	-43.3502998	-21.7642
<i>O.odorifera</i>	-45.348333	-21.96833
<i>O.odorifera</i>	-50.3828	-25.8742

<i>O.odorifera</i>	-44.3181	-23.0067
<i>O.odorifera</i>	-46.9900017	-24.32
<i>O.odorifera</i>	-46.5800018	-23.31
<i>O.odorifera</i>	-45.0699997	-23.43
<i>O.odorifera</i>	-41.8683014	-20.4333
<i>O.odorifera</i>	-42.2789002	-20.7256
<i>O.odorifera</i>	-45.3106	-23.2231
<i>O.odorifera</i>	-48.462766	-23.34461
<i>O.odorifera</i>	-47.965302	-24.068
<i>O.odorifera</i>	-49.610901	-23.7001
<i>O.odorifera</i>	-51.1300011	-27.6892
<i>O.odorifera</i>	-40.0722	-19.3911
<i>O.odorifera</i>	-45.5	-23.63333
<i>O.odorifera</i>	-48.0499992	-23.59
<i>O.odorifera</i>	-48.8199997	-28.3414
<i>O.odorifera</i>	-40.443889	-18.77694
<i>O.odorifera</i>	-46.3675003	-21.3264
<i>O.odorifera</i>	-48.698333	-25.61861
<i>O.odorifera</i>	-46.6787	-23.7293
<i>O.odorifera</i>	-47.072201	-23.7245
<i>O.odorifera</i>	-45.8400002	-23.53
<i>O.odorifera</i>	-52.6183014	-27.0964
<i>O.odorifera</i>	-42.506111	-20.23333

<i>O.odorifera</i>	-46.8499985	-23.64
<i>O.odorifera</i>	-45.5900002	-22.73
<i>O.odorifera</i>	-50.2071991	-29.675
<i>O.odorifera</i>	-50.4524994	-29.6411
<i>O.odorifera</i>	-51.5494003	-28.9361
<i>O.odorifera</i>	-43.7144013	-19.1689
<i>O.odorifera</i>	-43.9146996	-21.5628
<i>O.odorifera</i>	-42.0297223	-22.40972
<i>O.odorifera</i>	-49.0494444	-27.63028
<i>O.odorifera</i>	-49.3936111	-27.18028
<i>O.odorifera</i>	-43.5363889	-23.04778
<i>O.odorifera</i>	-50.3841666	-26.19306
<i>O.odorifera</i>	-41.7969444	-21.84694
<i>O.odorifera</i>	-49.9505556	-29.19722
<i>O.odorifera</i>	-42.75	-22.40972
<i>O.odorifera</i>	-49.2146988	-28.185
<i>O.odorifera</i>	-49.8889008	-29.5514
<i>O.odorifera</i>	-43.0092011	-18.2936
<i>O.odorifera</i>	-44.9033012	-21.5111
<i>O.odorifera</i>	-45.3499985	-23.77
<i>O.odorifera</i>	-46.7799988	-24.18
<i>O.odorifera</i>	-44.8899994	-21.9589
<i>O.odorifera</i>	-50.7806015	-29.6506

<i>O.odorifera</i>	-43.2268982	-19.6192
<i>O.odorifera</i>	-41.6794014	-20.7756
<i>O.odorifera</i>	-52.2738991	-27.6342
<i>O.odorifera</i>	-49.0858002	-24.9744
<i>O.odorifera</i>	-44.1960983	-21.4686
<i>O.odorifera</i>	-45.4303017	-21.5514
<i>O.odorifera</i>	-50.4606018	-25.3683
<i>O.odorifera</i>	-43.5525017	-21.4567
<i>O.odorifera</i>	-44.7580986	-21.0331
<i>O.odorifera</i>	-49.635601	-25.5839
<i>O.odorifera</i>	-41.1128006	-20.8489
<i>O.odorifera</i>	-48.9810982	-27.0858
<i>O.odorifera</i>	-44.2616997	-21.1356
<i>O.odorifera</i>	-49.1988983	-25.9281
<i>O.odorifera</i>	-52.1472015	-27.3539
<i>O.odorifera</i>	-48.9469444	-25.60778
<i>O.odorifera</i>	-43.1253014	-21.4575
<i>O.odorifera</i>	-43.2656	-21.5881
<i>O.odorifera</i>	-43.5080986	-20.2875
<i>O.odorifera</i>	-48.3289	-25.3069
<i>O.odorifera</i>	-47.1300011	-23.52
<i>O.odorifera</i>	-46.5614014	-21.7878
<i>O.odorifera</i>	-48.8547	-26.0269

<i>O.odorifera</i>	-49.2064	-25.5347
<i>O.odorifera</i>	-45.083333	-22.86667
<i>O.odorifera</i>	-47.6399994	-22.72
<i>O.odorifera</i>	-47.9900017	-23.87
<i>O.odorifera</i>	-45.9472008	-21.4292
<i>O.odorifera</i>	-44.0814018	-19.5578
<i>O.odorifera</i>	-49.3558006	-27.3919
<i>O.odorifera</i>	-45.5657997	-21.09
<i>O.odorifera</i>	-50.4891666	-26.45972
<i>O.odorifera</i>	-49.4994444	-28.71083
<i>O.odorifera</i>	-42.5563889	-22.36944
<i>O.odorifera</i>	-50.2177778	-27.1825
<i>O.odorifera</i>	-43.9378014	-19.9208
<i>O.odorifera</i>	-44.1982994	-19.9678
<i>O.odorifera</i>	-44.0656014	-20.6708
<i>O.odorifera</i>	-44.0783005	-20.9144
<i>O.odorifera</i>	-47.2799988	-20.63
<i>O.odorifera</i>	-39.7322006	-18.5933
<i>O.odorifera</i>	-51.014042	-27.03306
<i>O.odorifera</i>	-49.690833	-25.80306
<i>O.odorifera</i>	-51.901389	-27.46917
<i>O.odorifera</i>	-51.197542	-25.02372
<i>O.odorifera</i>	-49.366389	-27.77628

<i>O.odorifera</i>	-46.566667	-22.53333
<i>O.odorifera</i>	-48.538056	-24.67889
<i>O.odorifera</i>	-42.516667	-19.8
<i>O.odorifera</i>	-51.820225	-27.25623
<i>O.odorifera</i>	-51.523769	-27.16036
<i>O.odorifera</i>	-49.510464	-28.39484
<i>O.odorifera</i>	-39.120278	-15.115
<i>O.odorifera</i>	-39.351111	-15.17167
<i>O.odorifera</i>	-39.0494003	-14.7889
<i>O.odorifera</i>	-39.0752983	-15.2933
<i>O.odorifera</i>	-39.6371994	-14.7053
<i>O.odorifera</i>	-39.3736	-14.1642
<i>O.odorifera</i>	-40.2478	-15.2492

Anexo 6. Registros de ocorrência de *Ocotea porosa* utilizados na modelagem após a aplicação de filtragem delimitando uma distância mínima de 20 km entre cada ponto. Os registros foram obtidos da literatura e das bases *on-line* Global Biodiversity Information Facility (GBIF) e SpeciesLink.

Espécie	Longitude	Latitude
<i>O.porosa</i>	-52.185555	-24.063333
<i>O.porosa</i>	-51.330278	-25.022778
<i>O.porosa</i>	-53.06	-25.421389
<i>O.porosa</i>	-51.75	-27.05
<i>O.porosa</i>	-50.325833	-27.816111
<i>O.porosa</i>	-49.390278	-27.277222
<i>O.porosa</i>	-48.941111	-26.748611
<i>O.porosa</i>	-50.142222	-24.716111
<i>O.porosa</i>	-48.871944	-27.898333
<i>O.porosa</i>	-49.021667	-27.256944
<i>O.porosa</i>	-49.590556	-26.640278
<i>O.porosa</i>	-50.58	-26.640833
<i>O.porosa</i>	-50.489167	-26.100833
<i>O.porosa</i>	-51.4825	-26.818056
<i>O.porosa</i>	-50.679444	-27.081944
<i>O.porosa</i>	-50.674444	-26.819722
<i>O.porosa</i>	-51.438889	-25.710556
<i>O.porosa</i>	-45.015556	-23.254722
<i>O.porosa</i>	-51.92882	-26.438937
<i>O.porosa</i>	-51.923056	-26.710833
<i>O.porosa</i>	-50.409906	-27.120969
<i>O.porosa</i>	-49.7566	-26.0052

<i>O.porosa</i>	-48.4919	-25.0906
<i>O.porosa</i>	-48.8421	-25.2564
<i>O.porosa</i>	-49.5084	-25.3276
<i>O.porosa</i>	-50.193611	-26.313333
<i>O.porosa</i>	-49.065417	-25.074333
<i>O.porosa</i>	-48.687778	-24.855833
<i>O.porosa</i>	-49.314018	-25.195256
<i>O.porosa</i>	-51.748556	-24.778139
<i>O.porosa</i>	-50.46128	-25.372176
<i>O.porosa</i>	-46.618358	-23.646109
<i>O.porosa</i>	-49.273697	-25.431982
<i>O.porosa</i>	-48.696667	-25.620833
<i>O.porosa</i>	-49.05	-25.75
<i>O.porosa</i>	-52.533333	-24.416667
<i>O.porosa</i>	-43.484167	-22.589444
<i>O.porosa</i>	-51	-24
<i>O.porosa</i>	-48.931111	-25.464722
<i>O.porosa</i>	-48.879336	-25.937483
<i>O.porosa</i>	-51.0783	-26.2381
<i>O.porosa</i>	-49.948601	-24.5261
<i>O.porosa</i>	-51.556099	-26.997801
<i>O.porosa</i>	-44.135601	-22.723101
<i>O.porosa</i>	-49.635601	-25.5839
<i>O.porosa</i>	-49.265598	-26.192499
<i>O.porosa</i>	-50.858898	-25.010799

<i>O.porosa</i>	-52.788601	-24.242201
<i>O.porosa</i>	-51.6	-26.416667
<i>O.porosa</i>	-50.382801	-25.874201
<i>O.porosa</i>	-46.144699	-22.755301
<i>O.porosa</i>	-51.014999	-26.775299
<i>O.porosa</i>	-49.423901	-27.4928
<i>O.porosa</i>	-50.006401	-25.429399
<i>O.porosa</i>	-51.458099	-25.3953
<i>O.porosa</i>	-49.931702	-28.2939
<i>O.porosa</i>	-51.078899	-25.5711
<i>O.porosa</i>	-49.906399	-26.336399
<i>O.porosa</i>	-49.055302	-25.305599
<i>O.porosa</i>	-51.120181	-25.379447
<i>O.porosa</i>	-52.383099	-24.045601
<i>O.porosa</i>	-51.346699	-26.0175
<i>O.porosa</i>	-48.84	-24.5
<i>O.porosa</i>	-50.361099	-27.5847
<i>O.porosa</i>	-50.921398	-27.0261
<i>O.porosa</i>	-51.151699	-27.008301
<i>O.porosa</i>	-49.591702	-28.014999
<i>O.porosa</i>	-49.308102	-25.657499
<i>O.porosa</i>	-46.4333	-23.366699
<i>O.porosa</i>	-47.113701	-23.715401
<i>O.porosa</i>	-43.92	-22.86
<i>O.porosa</i>	-52.470798	-26.3958

<i>O.porosa</i>	-49.518299	-26.2544
<i>O.porosa</i>	-49.624699	-28.336901
<i>O.porosa</i>	-50.604401	-25.23
<i>O.porosa</i>	-52.404202	-26.8769
<i>O.porosa</i>	-50.692799	-25.6206
<i>O.porosa</i>	-49.198898	-25.928101
<i>O.porosa</i>	-50.121899	-27.483101
<i>O.porosa</i>	-49.489201	-27.797199
<i>O.porosa</i>	-51.5047	-27.178101
<i>O.porosa</i>	-45.84	-23.530001
<i>O.porosa</i>	-50.974998	-27.489201
<i>O.porosa</i>	-52.283333	-24.552222
<i>O.porosa</i>	-42.531101	-22.2819
<i>O.porosa</i>	-51.659698	-25.695601
<i>O.porosa</i>	-51.862499	-24.939199
<i>O.porosa</i>	-53.057201	-25.733601
<i>O.porosa</i>	-50.579697	-27.290628
<i>O.porosa</i>	-49.196667	-27.101944
<i>O.porosa</i>	-50.133056	-26.103056
<i>O.porosa</i>	-51.561806	-25.043583
<i>O.porosa</i>	-53.1567	-25.2031
<i>O.porosa</i>	-51.794139	-25.153611
<i>O.porosa</i>	-52.4161	-25.407801
<i>O.porosa</i>	-51.552502	-26.1614
<i>O.porosa</i>	-49.021702	-27.672501

<i>O.porosa</i>	-52.3283	-26.564699
<i>O.porosa</i>	-47.290001	-22.77
<i>O.porosa</i>	-50.433333	-24.066667
<i>O.porosa</i>	-49.7156	-25.7697
<i>O.porosa</i>	-47.990002	-23.870001
<i>O.porosa</i>	-50.850601	-24.650299
<i>O.porosa</i>	-52.108889	-26.550278
<i>O.porosa</i>	-49.379167	-26.421945
<i>O.porosa</i>	-49.77	-26.186667
<i>O.porosa</i>	-51.028056	-26.552778
<i>O.porosa</i>	-50.309167	-26.822222
<i>O.porosa</i>	-52.476194	-24.92275
<i>O.porosa</i>	-51.859056	-25.924417
<i>O.porosa</i>	-50.242802	-24.2458
<i>O.porosa</i>	-50.584202	-25.023899
<i>O.porosa</i>	-51.330278	-26.343056
<i>O.porosa</i>	-48.538056	-24.678889
<i>O.porosa</i>	-50.361111	-25.6175
<i>O.porosa</i>	-50.163056	-25.689722
<i>O.porosa</i>	-49.5	-26
<i>O.porosa</i>	-51.820225	-27.256231

Anexo 7. Desempenho dos modelos desenvolvidos para *Ocotea catharinensis* construídos com diferentes classes de funções (*Feature classes* - FC) e valores de regularização (*Regularization multiplier values* – RM). AUC é a Área sob a Curva e AICc é o critério de informação de Akaike corrigido.

FC	RM	AUC _{treino}	CBI _{treino}	AICc	Δ AICc
H	1	0.94467	0.901	1645.361	206.7881
L	1	0.83112	0.927	1569.499	130.9253
LQ	1	0.93516	0.968	1438.573	0
LQH	1	0.945152	0.945	1659.628	221.0544
LQHPT	1	0.953878	0.964	1532.243	93.6698
H	1.5	0.940272	0.886	1542.559	103.9857
L	1.5	0.830899	0.924	1567.763	129.1901
LQ	1.5	0.930728	0.953	1445.908	7.334393
LQH	1.5	0.941948	0.935	1554.785	116.2122
LQHPT	1.5	0.948956	0.97	1493.095	54.52164
H	2	0.93755	0.888	1498.811	60.23744
L	2	0.830982	0.919	1567.993	129.4196
LQ	2	0.923394	0.951	1457.356	18.78238
LQH	2	0.939053	0.94	1506.307	67.7341
LQHPT	2	0.945928	0.943	1462.032	23.45914
H	2.5	0.93506	0.899	1472.383	33.80996
L	2.5	0.830891	0.918	1568.263	129.6895
LQ	2.5	0.921489	0.96	1459.388	20.81428
LQH	2.5	0.936963	0.962	1513.519	74.94551
LQHPT	2.5	0.943313	0.947	1472.825	34.25149
H	3	0.932798	0.933	1498.199	59.62591
L	3	0.830729	0.914	1568.581	130.0078
LQ	3	0.916379	0.975	1466.781	28.20735

LQH	3	0.934711	0.96	1509.63	71.05694
LQHPT	3	0.940485	0.974	1469.407	30.83338
H	3.5	0.930763	0.95	1490.373	51.7994
L	3.5	0.83068	0.913	1568.933	130.3593
LQ	3.5	0.909602	0.985	1478.385	39.81136
LQH	3.5	0.932411	0.964	1482.257	43.68414
LQHPT	3.5	0.938	0.98	1466.106	27.53269
H	4	0.929167	0.945	1467.787	29.21368
L	4	0.830489	0.908	1569.338	130.7644
LQ	4	0.902701	0.981	1488.952	50.37819
LQH	4	0.930233	0.961	1485.248	46.67465
LQHPT	4	0.936112	0.978	1451.175	12.60144
H	4.5	0.927672	0.964	1469.804	31.23071
L	4.5	0.830217	0.908	1569.791	131.2173
LQ	4.5	0.895913	0.977	1496.238	57.66459
LQH	4.5	0.927476	0.958	1502.171	63.59813
LQHPT	4.5	0.934322	0.974	1465.406	26.83291
H	5	0.926055	0.962	1482.552	43.97899
L	5	0.829936	0.908	1570.271	131.6977
LQ	5	0.890356	0.976	1503.79	65.21716
LQH	5	0.924916	0.955	1493.41	54.83679
LQHPT	5	0.932274	0.979	1472.681	34.10774

Anexo 8 - Desempenho dos modelos desenvolvidos para *Ocotea odorifera* construídos com diferentes classes de funções (*Feature classes* - FC) e valores de regularização (*Regularization multiplier values* – RM). AUC é a Área sob a Curva e AICc é o critério de informação de Akaike corrigido.

FC	RM	AUC _{treino}	CBI _{treino}	AICc	Δ AICc
H	1	0.920394	0.989	4005.369	171.3852631
L	1	0.895242	0.965	3888.616	54.63209017
LQ	1	0.90868	0.989	3845.643	11.65933913
LQH	1	0.921484	0.986	3933.323	99.33930182
LQHPT	1	0.934373	0.985	3898.971	64.98748876
H	1.5	0.917501	0.971	3982.171	148.1876088
L	1.5	0.895303	0.977	3887.113	53.12948725
LQ	1.5	0.906655	0.984	3849.921	15.93764044
LQH	1.5	0.918947	0.99	3908.081	74.0974975
LQHPT	1.5	0.925755	0.993	3871.392	37.40861955
H	2	0.915785	0.965	3961.89	127.906113
L	2	0.895373	0.979	3888.026	54.04228382
LQ	2	0.903607	0.971	3862.445	28.46157459
LQH	2	0.917981	0.994	3880.015	46.03110608
LQHPT	2	0.92311	0.992	3859.973	25.98952365
H	2.5	0.913605	0.941	3934.598	100.613812
L	2.5	0.89548	0.981	3889.212	55.2284495
LQ	2.5	0.901065	0.97	3868.655	34.67156799
LQH	2.5	0.916855	0.995	3874.381	40.39714119
LQHPT	2.5	0.921526	0.99	3862.353	28.36912946
H	3	0.91222	0.941	3939.345	105.3616268
L	3	0.895489	0.981	3890.592	56.60815163
LQ	3	0.900834	0.972	3868.459	34.47505245

LQH	3	0.915765	0.995	3871.933	37.94941217
LQHPT	3	0.920591	0.992	3856.52	22.53655277
H	3.5	0.910916	0.95	3955.198	121.2145605
L	3.5	0.89548	0.986	3892.284	58.30032748
LQ	3.5	0.900618	0.974	3870.206	36.22224992
LQH	3.5	0.914866	0.996	3855.028	21.04425936
LQHPT	3.5	0.919625	0.99	3842.817	8.833056691
H	4	0.909265	0.966	3936.517	102.5327638
L	4	0.895435	0.981	3894.148	60.16457028
LQ	4	0.90006	0.977	3874.707	40.7234789
LQH	4	0.914087	0.996	3844.23	10.24656509
LQHPT	4	0.918978	0.987	3834.304	0.320386513
H	4.5	0.907608	0.966	3929.493	95.50894568
L	4.5	0.895339	0.979	3894.152	60.16857568
LQ	4.5	0.899337	0.978	3875.307	41.32366261
LQH	4.5	0.913493	0.995	3853.709	19.72568384
LQHPT	4.5	0.918392	0.986	3833.984	0
H	5	0.906718	0.961	3926.913	92.92969211
L	5	0.895166	0.98	3896.471	62.48740563
LQ	5	0.898864	0.979	3875.435	41.45163401
LQH	5	0.913004	0.994	3857.41	23.42583887
LQHPT	5	0.917823	0.98	3844.009	10.02556881

Anexo 9. Desempenho dos modelos desenvolvidos para *Ocotea porosa* construídos com diferentes classes de funções (*Feature classes* - FC) e valores de regularização (*Regularization multiplier values* – RM). AUC é a Área sob a Curva e AICc é o critério de informação de Akaike corrigido.

FC	RM	AUC _{train}	CBI _{train}	AICc	Δ AICc
H	1	0.92	0.97	2080.44	112.85
L	1	0.88	0.94	2031.97	64.38
LQ	1	0.91	0.94	1967.59	0.00
LQH	1	0.92	0.96	2026.93	59.35
LQHPT	1	0.93	0.99	2085.01	117.42
H	1.5	0.92	0.97	2037.96	70.37
L	1.5	0.87	0.94	2033.11	65.52
LQ	1.5	0.90	0.96	1973.33	5.74
LQH	1.5	0.92	0.95	2005.49	37.90
LQHPT	1.5	0.93	0.96	1982.75	15.16
H	2	0.91	0.96	2018.00	50.41
L	2	0.87	0.94	2033.79	66.20
LQ	2	0.90	0.97	1982.62	15.04
LQH	2	0.91	0.94	1999.73	32.14
LQHPT	2	0.92	0.95	1992.51	24.92
H	2.5	0.91	0.96	1996.96	29.37
L	2.5	0.87	0.96	2034.37	66.78
LQ	2.5	0.90	0.98	1989.56	21.97
LQH	2.5	0.91	0.96	1983.02	15.44
LQHPT	2.5	0.92	0.94	1994.08	26.49
H	3	0.91	0.97	2007.59	40.00
L	3	0.87	0.96	2035.12	67.53
LQ	3	0.90	0.97	1986.26	18.68

LQH	3	0.91	0.97	1978.96	11.37
LQHPT	3	0.91	0.97	1979.52	11.93
H	3.5	0.90	0.97	2005.05	37.46
L	3.5	0.87	0.97	2036.03	68.44
LQ	3.5	0.90	0.97	1987.70	20.12
LQH	3.5	0.91	0.98	1978.30	10.71
LQHPT	3.5	0.91	0.97	1984.39	16.80
H	4	0.90	0.97	2007.44	39.86
L	4	0.87	0.97	2037.04	69.45
LQ	4	0.90	0.97	1986.91	19.32
LQH	4	0.91	0.98	1982.18	14.60
LQHPT	4	0.91	0.98	1981.60	14.01
H	4.5	0.90	0.96	2005.27	37.69
L	4.5	0.87	0.97	2038.22	70.63
LQ	4.5	0.90	0.98	1991.00	23.42
LQH	4.5	0.90	0.98	1983.78	16.19
LQHPT	4.5	0.91	0.98	1977.00	9.41
H	5	0.90	0.94	1995.42	27.84
L	5	0.87	0.97	2039.48	71.89
LQ	5	0.90	0.98	1992.95	25.36
LQH	5	0.90	0.98	1986.63	19.04
LQHPT	5	0.91	0.99	1975.51	7.92