

GUILHERME NETO DOS SANTOS

**REFÚGIOS CLIMÁTICOS DAS FLORESTAS ALTO-MONTANAS SUBTROPICAIS
DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientadora: Dr.^a Ana Carolina da Silva
Coorientador: Dr. Pedro Higuchi

**Lages, SC
2020**

Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

dos Santos, Guilherme Neto
Refúgios climáticos das Florestas Alto-montanas subtropicais do Brasil / Guilherme Neto dos Santos. -- 2020.
95 p.

Orientadora: Ana Carolina daSilva
Coorientador: Pedro Higuchi
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2020.

1. Floresta Atlântica subtropical. 2. Variáveis climáticas. 3. Cenários de mudanças climáticas. I. da Silva, Ana Carolina . II. Higuchi, Pedro . III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

GUILHERME NETO DOS SANTOS

**REFÚGIOS CLIMÁTICOS DAS FLORESTAS ALTO-MONTANAS SUBTROPICAIS
DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Banca Examinadora

Orientadora:




Prof. Dr^a Ana Carolina da Silva
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membros:



Prof. Dr^o Eduardo Luís Hettwer Giehl
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC



Prof. Dr^o Adelar Mantovani
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Lages, 21 de fevereiro de 2020.

A minha Mãe e meu Pai, que acreditaram nos meus sonhos, e graças a eles eu sou quem sou hoje, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, que sempre me amparou em todos os momentos difíceis da minha vida.

Agradeço a minha mãe Ivanilda Teresinha Lima Neto, e ao meu pai Gilberto Furtado dos Santos (*in memoriam*), que infelizmente não está mais entre nós, mas estará sempre comigo para onde eu for, me dando forças para seguir meus sonhos. Agradeço também aos meus irmãos, Yan Neto dos Santos e Marianna Heiderscheidt, e por todo o apoio e exemplo de amor e dedicação que essa família me proporciona, eu amo vocês.

A minha orientadora e coorientador Ana Carolina da Silva e Pedro Higuchi, que acreditaram na minha capacidade e me deram essa oportunidade. São exemplos de profissionais, agradeço por todos os ensinamentos passados.

A minha orientadora no período sanduiche no Canadá, Madhur Anand, que foi um exemplo de profissional e amiga durante esse período, obrigado por todos os ensinamentos.

A minha namorada Milena Machado, que foi uma das pessoas mais importantes nesse período, sendo muito mais que uma namorada, foi minha amiga e companheira, foi minha maior incentivadora, sempre paciente e compreensível. Obrigado por estar em minha vida, eu te amo muito.

A todos os colegas do Laboratório de Dendrologia por todas experiências e incentivos, principalmente pelas conversas divertidas, além de todos os conhecimentos transmitidos. E aos meus grandes amigos Willyan Peyerl, Eliana Turmina, Klerysson Julio Farias, Luana Muller, Janaina Larsen, Alexandra Sá e Alessandra Monteiro, que sempre estiveram no meu lado e que me apoiaram durante o mestrado, obrigado por todos os ensinamentos, risadas, discussões e conselhos, vou guardar vocês para o resto da vida.

E a todos colegas e professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e compartilhar seus conhecimentos e que de alguma forma foram fundamentais na minha caminhada.

A UDESC, pela oportunidade de realização do mestrado em Engenharia Florestal, e a CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

E a todos aqueles que de alguma maneira fizeram parte ou colaboraram para a realização desta dissertação. Meu muito obrigado!

RESUMO

Nosso objetivo foi detectar como as mudanças climáticas irão afetar a distribuição geográfica potencial futura das espécies arbóreas dependentes do habitat alto-montano, na Floresta Atlântica Subtropical e, com isso, determinar potenciais refúgios climáticos para essas espécies. Primeiramente, por meio de revisão bibliográfica, foi elaborado um banco de dados das espécies arbóreas ocorrentes nesses ecossistemas, selecionando as espécies de maior frequência nas áreas listadas e, junto a informações da literatura, detectaram-se as espécies de ocorrências exclusivas em maiores altitudes. Após a seleção das espécies, foram obtidas as suas coordenadas geográficas, disponíveis em publicações científicas e por meio do banco de dados BIEN (Botanical Information and Ecology Network). Para a modelagem de nicho climático, usamos o algoritmo de entropia máxima (Maxent), com 19 variáveis climáticas extraídas do banco de dados WorldClim. Para previsões futuras, foram considerados dois cenários de mudança climática para o período 2061-2080, um cenário de impacto baixo (RCP 4.5) e um alto (RCP 8.5), apresentados pelos cinco modelos de circulação global atmosférica (GCMs) utilizados: CCSM4, GISS-E2-R, ACCESS1-0, HadGEM2-AO e MIROC5. Para a definição dos refúgios climáticos, as projeções das áreas com adequabilidade climática se basearam nos habitats de vegetação natural remanescente, obtidas a partir dos dados disponibilizados pelo SOS Mata Atlântica. De acordo com os modelos ajustados, as variáveis que melhor explicaram o nicho climático da maior parte das espécies foram a isothermalidade, temperatura média no trimestre mais seco, temperatura média do trimestre mais quente, a precipitação do mês mais seco e a precipitação do trimestre mais quente. Ambos os cenários do IPCC indicaram mudanças em direção a um futuro clima regional mais tropical, ou seja, mais quente e mais úmido. No cenário de mudanças climáticas de baixo impacto, a cobertura das espécies reduziu, em média, 48,37% ($\pm 13,63\%$) em toda a sua área de ocorrência potencial; e 62,49% ($\pm 21,87\%$) no cenário de alto impacto. A espécie que se destacou por apresentar maiores reduções de área de adequabilidade climática foi *Crinodendron brasilense*, ausente em locais secos e quentes, com reduções de 82,11% ($\pm 9,26\%$) e 90,06% ($\pm 11,72\%$) para o cenário de baixo e alto impacto, respectivamente. As áreas prioritárias para a conservação, localizadas, principalmente, nas áreas de maior altitude do Sul do Brasil (serras Geral e do Mar), podem ser consideradas prioritárias para a conservação, a fim de constituir refúgios ecológicos futuros para as espécies estudadas. Em conclusão, demonstramos que espécies arbóreas indicadoras de ecossistemas alto-montanos neotropicais da porção sul da Floresta Atlântica podem ser bastante afetadas por eventos de mudanças climáticas, e podem, assim, indicar refúgios climáticos desse ecossistema.

Palavras chave: Variáveis climáticas, cenários de mudanças climáticas, Floresta Atlântica subtropical

ABSTRACT

We aimed to detect how climate change affects the present and future potential geographic distribution of tree species dependent on the habitat of upper-montane cloud forest in the subtropical Atlantic Forest, within the remnant areas and thereby determine future climate refuge areas for these species. First, through a bibliographic review, a database of arborescent tree species occurring in these ecosystems was prepared, selecting the most frequent species in the listed areas, along with literature information, detecting species of exclusive occurrences at higher altitudes. After the selection of the species, their geographical coordinates were obtained, available in scientific publications and through the Botanical Information and Ecology Network (BIEN) database. For the climate niche modeling, we used the maximum entropy algorithm (Maxent) with 19 climate variables extracted from the WorldClim database. For future predictions, two climate change scenarios were considered for 2061-2080 a low impact scenario (RCP 4.5) and a high impact scenario (RCP 8.5), presented by the five global atmospheric circulation models (GCMs) used: CCSM4, GISS-E2-R, ACCESS1-0, HadGEM2-AO, MIROC5. For the definition of climatic refuges, the projections of areas with climatic suitability were based only on the remaining natural vegetation habitats, obtained from the data provided by the SOS Mata Atlântica. According to the adjusted models, the variables that best explained the climatic niche of most of these species were, Isothermality, Mean Temperature of Driest Quarter, Mean Temperature of Warmest Quarter, Precipitation of Driest Month and Precipitation of Warmest Quarter. Both scenarios indicated changes towards a more tropical regional future climate, i.e., warmer and wetter regional climate. Under the low-impact climate change scenario, species cover has reduced on average of 48.37% ($\pm 13.63\%$) across their potential occurrence; and 62.49% ($\pm 21.87\%$), under the high impact scenario. The species that stood out for presenting greater reductions in the area of climatic suitability area was, *Crinodendron brasilense*, absent in dry and hot places, with reductions of 82.11% ($\pm 9.26\%$) and 90.06% ($\pm 11.72\%$) for the low and high impact scenario, respectively. . The priority conservation areas, located mainly in the higher altitude areas of Southern Brazil (Serra Geral and Mar) can be considered a priority for conservation, in order to constitute future ecological refuges for these species. In conclusion, we demonstrate that species indicating neotropical cloud ecosystems in the southern portion of the Atlantic Forest may be greatly affected by climate change events and may thus indicate climate refuge from this ecosystem.

Key words: Climate variable, climate change scenario, Subtropical Atlantic Forest