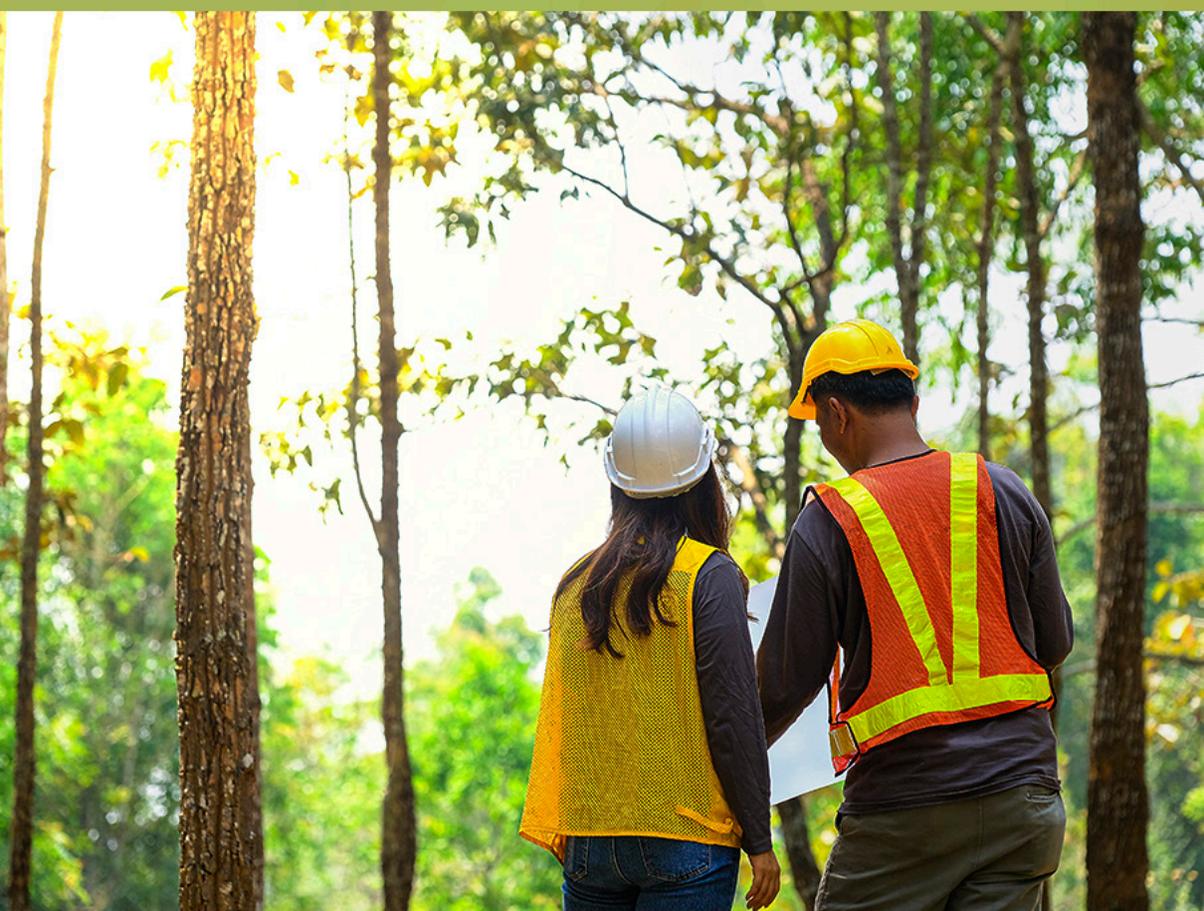


COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

ENGENHARIA FLORESTAL



FELIPE SANTANA MACHADO  
ALOYSIO SOUZA DE MOURA  
(ORGANIZADORES)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA FLORESTAL**



FELIPE SANTANA MACHADO  
ALOYSIO SOUZA DE MOURA  
(ORGANIZADORES)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Felipe Santana Machado  
Aloysio Souza de Moura

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia florestal / Organizadores Felipe Santana Machado, Aloysio Souza de Moura. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-571-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.713211410>

1. Engenharia florestal. I. Machado, Felipe Santana (Organizador). II. Moura, Aloysio Souza de (Organizador). III. Título.

CDD 634.928

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

A Engenharia Florestal ou Engenharia Silvícola é uma disciplina abrangente dentro da Engenharia que aborda, de modo geral, todos os aspectos fundamentais de ambientes florestais visando à produção de bens provenientes de florestas naturais ou cultivadas por meio do manejo para suprir a demanda de seus produtos, bem como conservação de água e solo, entre outras finalidades. No Brasil, a Engenharia Florestal é um ramo amplo que aborda uma grande área de atuação, e suas bagagens vão desde seu manejo, ao conhecimento e entendimento de ecologia (suas interações), até a conservação e preservação.

A Engenharia Florestal e suas linhas de estudos são amplamente presentes no mundo atual, pois seus produtos gerados estão intimamente ligados ao cotidiano da vida humana uma vez que não conseguimos mais prosseguir sem a presença de papel, corantes, frutos, sementes, madeira, essências de perfumes, óleos, carvão, e também na produção de mudas de árvores para a restauração de áreas já exploradas e degradadas.

Este livro “Coleção desafios das engenharias: Engenharia florestal” é uma iniciativa internacional com participação de pesquisadores de Portugal, Colômbia, e Brasil, que surge com a finalidade de destacar algumas linhas de estudos da Engenharia Florestal e para o entendimento deste segmento em micro, meso e macro escala. Portanto, este livro apresentará estudos, revisões e relatos com o objetivo de alinhar temas relacionados à área.

Reiteramos que esta obra apresenta estudos e teorias bem fundamentadas e embasadas de forma a alcançar os melhores resultados para os propostos objetivos. Desejamos que este livro possa auxiliar estudantes, leigos e profissionais a alcançar excelência em suas atividades quando utilizarem de alguma forma os capítulos para atividades educacionais, profissionais ou preservacionistas.

Ademais, esperamos que este livro possa fortalecer o movimento das engenharias, instigando profissionais e pesquisadores às práticas que contribuam para a melhoria do ambiente e das paisagens nos quais são objeto de estudo de engenheiros, aos estudantes de engenharia e demais interessados.

Felipe Santana Machado  
Aloysio Souza de Moura

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

ECOLOGICAL RESTORATION AND SOIL AND WATER CONSERVATION WITHIN THE SCOPE OF WATER RESOURCES, FOREST AND CLIMATE CHANGE POLICIES IN BRAZIL

Marcos Airton de Sousa Freitas

Sandra Regina Afonso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7132114101>

### **CAPÍTULO 2..... 13**

HYDRAULIC CONDUCTIVITY UNDER FORESTS ONE KEY FOR WATER MANAGEMENT

Carlos Francisco García Olmos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7132114102>

### **CAPÍTULO 3..... 31**

ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS DO SUDESTE DA AMAZÔNIA DO PERU E SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS

Leif Armando Portal Cahuana

Javier Navio Chipa

Mauro Vela da Fonseca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7132114103>

### **CAPÍTULO 4..... 38**

A RESISTÊNCIA DAS COMUNIDADES EM TORNO DOS BALDIOS. UM BEM COMUNITÁRIO DISPUTADO POR PRIVADOS, MUNICÍPIOS E ESTADO

Antônio Cardoso

Goretti Barros

Carlos Matias

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7132114104>

### **CAPÍTULO 5..... 57**

MONITORAMENTO DA ACLIMATAÇÃO DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS AO AMBIENTE DE PLENO SOL UTILIZANDO A TÉCNICA DE FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA A

Ana Clara de Castro Ferreira

Erika Freire de Sousa

Rhadassa Vitoria Santos Castro

Valeska Farias Caxias

Victor Alexandre Hardt Ferreira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7132114105>

### **CAPÍTULO 6..... 60**

MORFOMETRIA DE UMA MICROBACIA DO RIO ALAMBARÍ: IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO E A CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

Diego Cerveira de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7132114106>

**CAPÍTULO 7..... 71**

FENOLOGIA DA *Koelreuteria bipinnata* FRANCH. EM ÁREA URBANA DE SÃO GABRIEL – RS

Italo Filippi Teixeira

Matheus Estauber da Silva Borin

Nirlene Fernandes Cechin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7132114107>

**CAPÍTULO 8..... 87**

METODOLOGIA PARA CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E GENÉTICA DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*) PARA A CONSERVAÇÃO E USO SUSTENTÁVEL

Marcos Silveira Wrege

Márcia Toffani Simão Soares

Valderês Aparecida de Sousa

Elenice Fritzsons

Ananda Virginia de Aguiar

Itamar Antônio Bognola

João Bosco Vasconcellos Gomes

Letícia Penno de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7132114108>

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 102**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 103**

# CAPÍTULO 8

## METODOLOGIA PARA CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E GENÉTICA DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*) PARA A CONSERVAÇÃO E USO SUSTENTÁVEL

Data de aceite: 01/10/2021

Data da submissão: 18/08/2021

**João Bosco Vasconcellos Gomes**

Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira  
Colombo, PR  
<http://lattes.cnpq.br/6857040451096506>

**Marcos Silveira Wrege**

Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira  
Colombo, PR  
<https://orcid.org/0000-0002-6368-6586>  
<http://lattes.cnpq.br/8219074753068077>

**Letícia Penno de Sousa**

Embrapa Clima Temperado  
Pelotas, RS  
<http://lattes.cnpq.br/0295603184467599>

**Márcia Toffani Simão Soares**

Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira  
Colombo, PR  
<https://orcid.org/0000-0003-3820-1855>  
<http://lattes.cnpq.br/8126806697900042>

**Valderês Aparecida de Sousa**

Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira  
Colombo, PR  
<https://orcid.org/0000-0003-1138-8189>  
<http://lattes.cnpq.br/7394142748731060>

**Elenice Fritzsos**

Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira  
Colombo, PR  
<https://orcid.org/0000-0003-1225-7623>  
<http://lattes.cnpq.br/5911347834354100>

**Ananda Virginia de Aguiar**

Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira  
Colombo, PR  
<http://lattes.cnpq.br/5613653432409380>

**Itamar Antônio Bognola**

Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira  
Colombo, PR  
<http://lattes.cnpq.br/7188332775812929>

**RESUMO:** *Ilex paraguariensis* (A. St. Hil.), conhecida como erva-mate no Brasil ou yerba mate nos países da América Latina de língua espanhola, é uma espécie arbórea nativa das regiões serranas frias e úmidas do Sul e do Centro Oeste do Brasil. A espécie ocorre, na maior parte da área, na Floresta Ombrófila Mista - FOM. Por meio do acordo firmado em 2015 na COP21, o Brasil assumiu o compromisso de aumentar a conservação dos recursos genéticos e promover o uso sustentável de sua biodiversidade. Para dar subsídios a esta demanda, foi desenvolvida a presente metodologia visando caracterizar o ambiente e a genética de populações de erva-mate. O método desenvolvido consistiu em: 1) definir as zonas periféricas de ocorrência de erva-mate e indicar regiões com prioridade para amostragens; 2) obter amostras para genotipagem e para determinar os compostos fenólicos nas folhas; 3) amostrar os solos; 4) analisar o clima; e 5) identificar os nichos ecológicos das populações. As coletas ocorreram em cinco pontos nas zonas periféricas da área de distribuição natural da espécie, onde suas populações têm maior diversidade genética. O

material foi genotipado, para conhecimento de suas características genéticas. Suas folhas foram analisadas quanto aos compostos fenólicos. Os resultados obtidos demonstram que a erva-mate ocorre na natureza em condições pedoclimáticas adversas, desde o extremo sul do Brasil, no estado do Rio Grande do Sul, até o sul do Mato Grosso do Sul, em altitudes que variam desde os 211 até os 1700 metros, nos mais diversos tipos de solos, desde os mais profundos até os mais rasos, em variadas condições de fertilidade, em clima frio e úmido, com riscos variados de geada, formando grupos de populações com características comuns, em função das condições pedoclimáticas de cada região. A metodologia desenvolvida é passível de aplicação em populações de outras espécies arbóreas nativas.

**PALAVRAS - CHAVE:** Conservação genética, distribuição de espécie, *Ilex paraguariensis*.

## METHODOLOGY FOR ENVIRONMENTAL AND GENETIC CHARACTERIZATION OF YERBA MATE (*Ilex paraguariensis*) FOR CONSERVATION AND SUSTAINABLE USE

**ABSTRACT:** *Ilex paraguariensis* (A. St. Hil.), known as “erva-mate” in Brazil or yerba mate in Spanish-speaking Latin American countries, is a tree species native to the cold and humid mountainous regions of the South and Midwest of Brazil. The species occurs, in most of the area, in the Ombrophilous Mixed Forest - FOM. Through the agreement signed in 2015 at COP21, Brazil assumed the commitment to increase the conservation of genetic resources and promote the sustainable use of its biodiversity. To support this demand, the present methodology was developed to characterize the environment and genetics of yerba mate populations. The method developed consisted of: 1) defining the peripheral zones of occurrence of yerba mate and indicating regions with priority for sampling; 2) obtain samples for genotyping and to determine phenolic compounds in leaves; 3) sample the soils; 4) analyze the climate; and 5) identify the ecological niches of populations. The collections took place at five points in the peripheral zones of the species natural distribution area, where their populations have greater genetic diversity. The material was genotyped for knowledge of its genetic characteristics. Its leaves were analyzed for phenolic compounds. The results obtained demonstrate that yerba mate occurs in nature in adverse pedoclimatic conditions, from the extreme south of Brazil, in the state of Rio Grande do Sul, to the south of Mato Grosso do Sul, at altitudes ranging from 211 to 1700 meters, in the most diverse types of soils, from the deepest to the shallowest, in varied fertility conditions, in a cold and humid climate, with varied risks of frost, forming groups of populations with common characteristics, depending on the pedoclimatic conditions of each region. The developed methodology can be applied to populations of other native tree species.

**KEYWORDS:** Genetic conservation, species distribution, *Ilex paraguariensis*.

## 1 | INTRODUÇÃO

*Ilex paraguariensis* (A. St. Hil.), conhecida popularmente como erva-mate no Brasil ou yerba mate nos países da América Latina de língua espanhola, é uma espécie arbórea nativa das regiões serranas frias e úmidas do Sul e do Centro Oeste do Brasil. A espécie ocorre na Mata Atlântica, concentrando-se na Floresta com Araucária, fitofisionomia

conhecida também como Floresta Ombrófila Mista (FOM), um dos mais importantes tipos de vegetação do bioma Mata Atlântica e de elevada vulnerabilidade às mudanças climáticas globais. A FOM ocorre nas regiões de altitude do Sul e do Sudeste do Brasil, em áreas de temperaturas muito baixas. As espécies que ocorrem neste tipo de vegetação são vulneráveis porque, com o aquecimento global, não têm onde se realocarem e estão sujeitas a maior perda de diversidade, principalmente nas áreas periféricas e de transição climática. A manutenção da cobertura arbórea é fundamental para garantir a capacidade de adaptação e de resiliência da espécie às ameaças climáticas, bem como os serviços ecossistêmicos, entre os quais estão relacionadas as seguranças hídrica e energética do Sul e do Sudeste do país e a mobilização de carbono da atmosfera. Nela ocorrem as nascentes dos principais rios da região que suprem os reservatórios de água para as cidades, o campo e as hidroelétricas.

A obtenção de resultados que gerem informações para auxiliar no aumento da capacidade de adaptação e de resiliência da espécie às ameaças climáticas e que visem garantir a manutenção de sua diversidade genética é fundamental e atende aos termos do acordo do clima de Paris, 21<sup>a</sup> Conferência das Partes - COP21, da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, do qual o Brasil é signatário e no qual se comprometeu a aumentar a capacidade de conservação das espécies nativas e a garantir o uso sustentável dos recursos da biodiversidade dos biomas brasileiros, inclusive os do bioma Mata Atlântica.

No trabalho, foram obtidos resultados que auxiliarão os formuladores de políticas públicas e os tomadores de decisão na criação de leis e normas que colaborem para manter a capacidade de adaptação e de resiliência da erva-mate às ameaças do clima, como a indicação de áreas de menores riscos climáticos e de grupos de populações com características comuns, que podem facilitar a indicação das melhores zonas para estabelecimento da espécie e, assim, auxiliar nos processos de tomada de decisão.

Neste contexto, desenvolvemos uma metodologia para caracterizar o ambiente e a genética de populações naturais de erva-mate, visando garantir a manutenção ou aumento da capacidade de conservação e do uso sustentável dos recursos genéticos da espécie. O método consiste de cinco etapas: 1) definição das zonas periféricas de distribuição de erva-mate e seleção de regiões com prioridade para amostragem; 2) amostragem no campo para genotipagem e indicação de compostos fenólicos nas folhas; 3) amostragem de solo; 4) caracterização do clima, e 5) identificação dos nichos ecológicos dos grupos populacionais. Atualmente, o presente protocolo está sendo utilizado para estudo de populações situadas na região Sul do Brasil, área de predominância da espécie.

Embora tenha sido desenvolvido para erva-mate, o método pode ser aplicado, com adaptações, para uso em outras espécies arbóreas nativas. O método pode servir também para que pesquisadores na área de conservação de recursos genéticos elaborem planos de amostragem de material genético no campo com uma abordagem multidisciplinar.

## 2 | METODOLOGIA

No desenvolvimento do método, foram programadas atividades multidisciplinares envolvendo diferentes áreas do conhecimento, com o objetivo de obter informações para garantir o aumento da capacidade de conservação e do uso sustentável dos recursos genéticos da erva-mate. Para atingir este objetivo, diferentes grupos populacionais da espécie foram caracterizados geneticamente e relacionados ao sítio de ocorrência de cada um quanto aos atributos pedoclimáticos, analisando o desenvolvimento dos indivíduos no ambiente. Para este fim, foram feitos dois tipos de levantamento, o primeiro contando com dados primários obtidos em campo e o segundo, com dados secundários da literatura e de herbários de acesso público, como os do Centro de Informações Ambientais – CRIA (CRIA, 1999), por exemplo.

No trabalho de campo, foram feitas expedições a algumas regiões estratégicas dentro da região de distribuição natural da espécie, em áreas periféricas e de transição climática, onde alguns indivíduos foram aleatoriamente selecionados, amostrados e georreferenciados, respeitando-se um raio mínimo de 100m entre as árvores, para evitar a obtenção de amostras aparentadas. Paralelamente, os parâmetros pedoclimáticos dos locais de coleta foram levantados.

Entre os atributos pedológicos, obteve-se a classificação do solo e a profundidade, drenagem, pedregosidade, textura e fertilidade do solo. Para cada indivíduo, mediu-se a altura e a circunferência na altura do peito (CAP). Estas informações serviram para desenvolver modelos de crescimento dos indivíduos nos seus habitats, permitindo caracterizá-los geneticamente em relação ao potencial de produção.

Em relação aos pontos de presença da espécie, dados secundários foram compilados e organizados, avaliando sua qualidade e eliminando aqueles com suspeita de erro, por exemplo os discrepantes, com o objetivo de completar os levantamentos de campo e dar uma melhor dimensão espacial às análises. Este processo de validação de dados é necessário, pois os bancos são alimentados por diversas fontes, provenientes de diversos herbários que utilizam metodologias distintas, sendo necessária uma uniformização.

Com o mesmo objetivo, foram utilizados também dados secundários de clima, de solos e de parâmetros genéticos das populações naturais, como testes de procedências e de progênes obtidos na literatura.

### 2.1 Definição das zonas periféricas de distribuição da erva-mate visando o planejamento estratégico para amostragem

Ao todo, para o desenvolvimento do trabalho, foram feitas cinco expedições a campo e, em cada uma delas, houve uma etapa de planejamento da viagem, por meio de contatos previamente estabelecidos, verificando a possibilidade de acompanhamento de um técnico local, com bom conhecimento da região e das áreas preservadas, com o

objetivo de amostrar as áreas com melhor conservação e evitar a amostragem em áreas não conservadas, com árvores provenientes de outras regiões.

As coletas de campo foram feitas priorizando as zonas periféricas de distribuição da espécie, onde a diversidade genética é maior e o risco de extinção de populações mais fragilizadas e menos adaptadas é maior. Devido às diferenças das condições do clima nas zonas periféricas em relação às zonas predominantes da espécie, existem populações de erva-mate que são únicas (endêmicas) e ocorrem apenas nestas zonas e, por estarem no limite máximo das condições favoráveis para se desenvolver, o risco de extinção é iminente e pode ser irreversível.

Assim, alguns critérios foram definidos pela equipe para a seleção das regiões visando a amostragem, entre os quais priorizar áreas mais preservadas, dentro de Florestas Nacionais (Flonas) ou no entorno, seguindo orientação de seus diretores, ou Parques Nacionais. Nos locais em que não existiam Flonas ou Parques, as áreas melhor preservadas foram indicadas por professores e pesquisadores das universidades locais e institutos de pesquisa, envolvendo também a participação das comunidades locais, geralmente agricultores familiares.

Foram feitas expedições aos seguintes locais: estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais - Parque Nacional do Itatiaia; estado do Rio Grande do Sul - municípios da Serra do Sudeste (Escudo Sul-Riograndense) - Pelotas, Canguçu e Santana da Boa Vista; Flona de São Francisco de Paula; município de Machadinho e região; Flona de Passo Fundo; estado do Paraná - município de Quatro Barras e região; Mato Grosso do Sul – município de Laguna Caarapá. A Figura 1 traz uma representação sintética da metodologia utilizada.

Os levantamentos feitos nas cinco expedições serviram para aumentar as amostragens que estão sendo feitas ao longo das últimas décadas, formando um banco de dados da espécie, e que requer continuidade, ao longo das próximas décadas, com novas expedições, por exemplo, às regiões sudoeste, oeste e noroeste do estado do Paraná, conhecidas por possuírem características de solo e de clima inigualáveis e que são capazes de proporcionar desenvolvimento diferenciado das espécies, entre as quais a erva-mate, assim como os estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

## 2.2 Genotipagem

Nas regiões selecionadas para as expedições, foram efetuados os trabalhos de campo, selecionando aleatoriamente indivíduos para a identificação, mensuração e coleta de material biológico. Em cada local amostrado, foram analisadas em média 30 árvores, respeitando o raio mínimo de 100m entre indivíduos (Sousa et al., 2005), conforme mencionado anteriormente. Foram registradas as coordenadas geográficas dos indivíduos; foram feitas coletas de amostras de folhas para genotipagem (em laboratório), visando conhecer as características genéticas das populações (Figura 2).

### 2.2.1 Amostragem para genotipagem

Genotipagem é a técnica que visa conhecer a constituição genética de uma célula, de um organismo ou de um indivíduo. Várias técnicas podem ser usadas para este fim. Uma delas é a de microssatélites, que são unidades de repetição de pares de bases de DNA (Adenina-Timina: AT e Guanina-Citosina: GC), as quais são utilizadas como marcadores genéticos em estudos de parentesco. Neste trabalho, foi utilizada a técnica de microssatélites para o conhecimento da constituição genética de populações de erva-mate (Sousa et al., 2005).

O método tradicional de amostragem para genotipagem de espécies arbóreas, utilizado neste trabalho, baseia-se na coleta de folhas e ramos.

### 2.3 Amostragem de solos

Amostras de solos (Figura 3) foram coletadas nas profundidades de 0-20 cm; 20-50 cm e 50-100 cm, em local próximo à coleta de cada indivíduo amostrado, sendo feita sua classificação no campo. Em cada expedição, foram coletadas em torno de 90 amostras de solos para a determinação dos atributos pedológicos, entre os quais profundidade, drenagem, pedregosidade, textura, fertilidade, capacidade de armazenamento de água (CAD), quantidade de matéria orgânica e pH. As amostras foram levadas ao laboratório para as análises físicoquímicas.

Paralelamente, foram trabalhados dados secundários, com levantamento dos mapas de solos dos Estados com ocorrência de erva-mate, compondo uma legenda completa, com todos os atributos importantes para erva-mate, de acordo com os critérios estipulados em Garrastazu et al. (2009).

Em ambiente SIG, a partir do mapa com as classes de solos por Estado, as tabelas de atributos correspondente aos mapas foram exportadas do ArcGIS para o formato texto (dbf), as quais foram trabalhadas em planilha eletrônica do Excel, inserindo os dados dos atributos de solos que não haviam no mapa original (profundidade, drenagem, pedregosidade etc.). A tabela dos atributos foi elaborada e associada às legendas dos solos a partir de informações das cartilhas que acompanhavam os mapas. Na etapa seguinte, a tabela foi importada novamente para o ArcGIS, obtendo-se o mapa de solos com a legenda atualizada contendo os atributos, cada um compondo uma camada, pronta para ser utilizada no mapeamento da distribuição de ocorrência de erva-mate ou para uso na caracterização dos atributos de solos de cada ponto de ocorrência da espécie.

### 2.4 Caracterização do clima

A importância de analisar as condições climáticas para o desenvolvimento da erva-mate ocorre em função de poder definir um calendário para plantio, nas melhores condições e nas melhores regiões, compreendida pelas regiões em que as variáveis climáticas melhor atendem à necessidade da espécie (Wrege et al., 2016), além de poder relacionar com os

dados de crescimento da espécie.

A caracterização do clima nas regiões em que a erva-mate ocorre foi estabelecida por meio de sistemas de informações geográficas - SIG. Neste ambiente, as camadas de clima elaboradas por Wrege et al. (2011) (Wrege et al., 2016; 2018a) (escala 1:250.000) foram relacionadas aos pontos georreferenciados de ocorrência de indivíduos da espécie, usando a função do ArcGIS (ESRI, 2011) “Extract values to point”, onde, para cada ponto, foi obtido um valor de cada variável climática para cada mês, estação do ano e para o ano na região Sul do país.

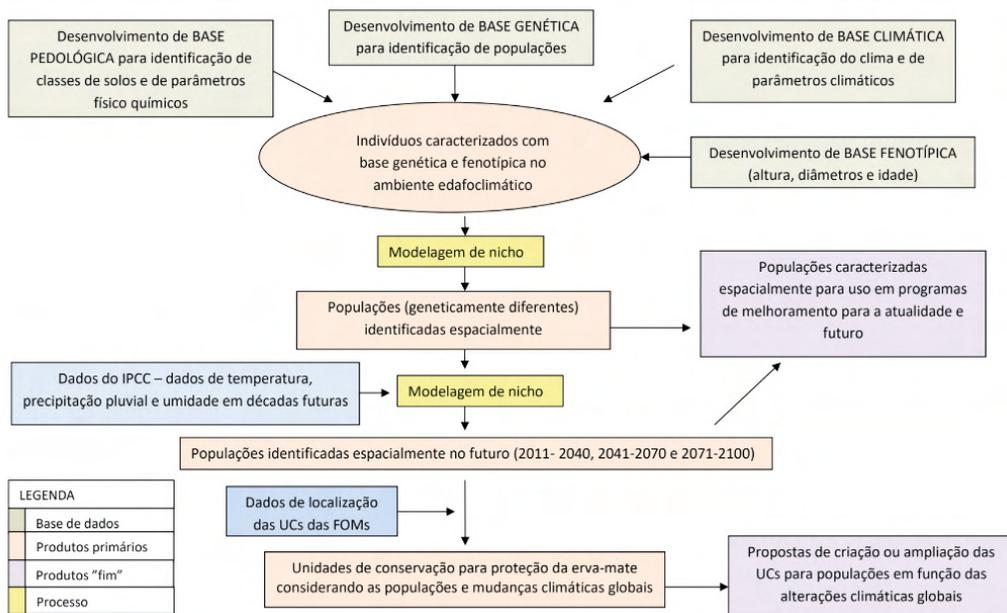


Figura 1. Representação esquemática dos procedimentos metodológicos desenvolvidos para erva-mate (elaborado por Marcos Silveira Wrege).



Figura 2. Extração das folhas da erva-mate para genotipagem das populações. Fotos: Márcia Toffani Simão Soares.



Figura 3. Extração de amostras de solos e classificação em campo  
(Foto: Márcia Toffani Simão Soares).

As variáveis climáticas relacionadas, referentes ao período 1976-2005, foram a temperatura mínima, mínima absoluta, média, máxima e máxima absoluta; pluviosidade; evapotranspiração potencial e a diferença (P-ETP) entre a precipitação pluvial (P) e a evapotranspiração potencial (ETP). A fonte dos dados primários utilizados que deram origem às camadas das variáveis climáticas referem-se ao IDR (Iapar/Emater), Epagri, Fepagro, 8º Disme/Inmet, ANA, Universidades Federais e Embrapa, obtidas de Wrege et al. (2011).

As camadas foram geradas por dois métodos diferentes, dependendo de suas características: 1) “regressão linear múltipla” (Pinto et al., 1972), no caso das temperaturas e evapotranspiração potencial; ou 2) “krigagem indicatriz”, no caso da precipitação pluvial e do balanço hídrico. No primeiro caso, utilizou-se o modelo numérico do terreno (MNT) (USGS, 1999), que representa a altitude, além de modelos gerados para a latitude e a longitude (escala 1:250.000), seguindo-se metodologia conforme Wrege et al. (2011).

As relações existentes entre a temperatura e a altitude (MNT, em metros), a latitude e a longitude (em graus decimais) foram estabelecidas pela seguinte expressão matemática:

$$\text{temperatura} = a + b \times (\text{altitude}) + c \times (\text{latitude}) + d \times \text{longitude}$$

Onde:

a: constante; b: coeficiente da altitude; c: coeficiente da latitude; d: coeficiente da

longitude.

Para a obtenção das camadas das temperaturas, utilizou-se a função calculadora de camadas (“raster calculator”) do programa ArcGIS (ESRI, 2011), onde foi aplicada a equação apresentada anteriormente. Os coeficientes das equações de regressão foram publicados por Wrege et al. (2011; 2016).

A técnica da “krigagem indicatriz” foi usada para mapear a precipitação pluvial e o balanço hídrico. Usou-se a função “Geoestatistical Analyst” do ArcGIS para elaborar as camadas (escala 1:250.000).

Do mesmo modo que foi feito para os solos, as variáveis de clima podem ser relacionadas à composição fitoquímica das folhas de erva-mate e, com os dados obtidos no item referente aos solos, relacionar a composição das folhas com as variáveis pedoclimáticas (solo + clima) e determinar quais são as melhores condições ambientais para o desenvolvimento da erva-mate e a produção dos compostos.

## **2.5 Definição de zonas homogêneas**

Técnicas estatísticas foram usadas para auxiliar na definição do clima na região de distribuição da espécie, contribuindo para estabelecer os limites dos parâmetros climáticos dentro dos quais a espécie encontra condições para o seu desenvolvimento (Fritzsons et al., 2017; 2018). O trabalho foi feito em nível de estado, para a região sul do país, utilizando dados climáticos obtidos de Wrege et al. (2011). Os dados foram separados em dois grupos, baseados no “Zoneamento Ecológico para Plantios Florestais do estado do Paraná e do estado de Santa Catarina” (Carpanezi et al., 1986, 1988): 1) zonas onde a erva-mate ocorre naturalmente e 2) zonas onde não ocorre.

Foram utilizados os seguintes dados: temperatura média anual, temperatura média no verão, no inverno; média da precipitação pluvial acumulada no ano, no inverno, no verão; diferença entre precipitação pluvial e evapotranspiração potencial acumulada no ano, no verão e no inverno (mm); altitude (m) e insolação média anual (horas). Os dados utilizados, referentes ao período entre 1976 e 2005, foram publicados por Wrege et al. (2011), provenientes de estações meteorológicas do Sul do Brasil, entre as quais as do IDR (Iapar/Emater), Ciram/Epagri, Deapi, ANA, 8º Disme/Inmet, universidades federais e Embrapa.

Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise estatística descritiva, para identificar os valores médios, máximos e mínimos. Foram aplicados dois testes estatísticos, o de Student e o de Mann-Whitney, para verificar quais variáveis climáticas foram significativamente diferentes, utilizando respectivamente os valores médios e as medianas referentes a cada grupo.

Por sua vez, nas áreas onde a erva-mate está presente, os pontos de presença da espécie foram separados em grupos pela análise de cluster. Para este fim, utilizou-se dados de clima das estações meteorológicas mais próximas possível de cada ponto.

Utilizou-se uma outra análise estatística, a ANOVA (one way) para diferenciar subgrupos resultantes da análise de cluster. Os gráficos de distribuição de frequências auxiliaram na visualização das diferenças dos grupos e subgrupos.

## 2.6 Identificação dos nichos ecológicos de grupos populacionais

A modelagem de nicho ou modelagem de distribuição (potencial) de espécies trabalha com dados de distribuição geográfica de espécies, entre as quais latitude e longitude, e com camadas ambientais, como variáveis de clima, atributos de solos e, ou elementos da paisagem (como relevo, topografia etc.), compondo um sistema matemático de previsão de distribuição geográfica de espécies.

Predição mais precisa requer um conjunto de pontos georreferenciados de qualidade, contando com a certeza da presença da espécie. As camadas ambientais precisam corresponder às regiões onde a espécie ocorre. Quanto mais detalhada for a escala das camadas, melhor poderá ser a representação dos resultados contendo as predições de ocorrência da espécie. Todas as camadas devem ter a mesma dimensão, escala e projeção.

A predição de ocorrência de erva-mate foi feita utilizando dois modelos de algoritmos: *Bioclim* e *Niche Mosaic*. Esses modelos foram selecionados por representarem melhor as condições naturais de ocorrência da espécie. Para cada espécie, há um modelo correspondente que gera o melhor resultado, com menor erro de previsão de ocorrência.

As zonas periféricas da região de distribuição de erva-mate foram delimitadas, baseando-se nos elementos de paisagem (relevo e altitude) e nas variáveis de clima. O efeito das mudanças climáticas (WMO, 2013) foi testado sobre as zonas de ocorrência da espécie, utilizando dados climáticos do Sul do país (Wrege et al., 2011) e das demais regiões de ocorrência de erva-mate. Para os cenários futuros, foram utilizados modelos climáticos do Eta RCM (modelo climático regional), o HadGEM2-ES, o qual engloba toda a América do Sul, América Central e Caribe, cujos cenários futuros foram preditos de acordo com o proposto no Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (AR5/IPCC) (IPCC, 2013).

As áreas correspondentes à zona de distribuição da erva-mate foram calculadas, usando dois modelos matemáticos (algoritmos). As áreas dos cenários futuros também foram calculadas, em metros quadrados, além da percentagem de sua redução.

Os programas usados foram o Open Modeller (Muñoz et al., 2011) e o ArcGIS 10.1 (ESRI, 2011). O primeiro é um programa de modelagem de nicho ecológico, de acesso público. O segundo é um software proprietário de sistema de informações geográficas – SIG, que trabalha com operações e edições de camadas e indica escala, posição do Norte, sistema de projeção, cálculo de áreas e permite elaborar legenda com a classificação de zonas. Mapas de referência para grupos populacionais de erva-mate contendo sua localização foram elaborados.

### 3 | RESULTADOS OBTIDOS

A caracterização das zonas de distribuição de erva-mate quanto às variáveis de clima, aos atributos de solos e ao material genético é fundamental para o desenvolvimento da cultura no país, demandando, para este fim, uma metodologia multidisciplinar. Assim, pode-se conhecer o desenvolvimento de um conjunto de indivíduos com características comuns - grupos de populações - por região, em função das condições ambientais (solo e clima). Com este intuito, foram feitas as expedições às cinco regiões do país citadas anteriormente, priorizando as zonas periféricas da distribuição da espécie, a fim de se conhecer as condições pedoclimáticas que limitam sua ocorrência e obter amostras de populações com maior diversidade genética. Estas zonas têm maior riqueza de material genético e contêm populações únicas, endêmicas, pelo fato de ocorrerem condições ambientais diferentes, existentes apenas nas zonas de transição. As populações, nestas zonas, estão sujeitas a um risco maior de “desaparecimento” (extinção), por estarem situadas na zona periférica de distribuição da espécie, onde a faixa de clima representa o ponto de virada entre a região favorável e a desfavorável. Portanto, são zonas que devem ser priorizadas para a amostragem de indivíduos e caracterização do ambiente, que podem deixar de existir em decorrência das mudanças climáticas globais e das ações antrópicas, as quais têm sido responsáveis pela maior fragmentação da cobertura florestal. A necessidade é urgente de trabalhos multidisciplinares voltados às espécies nativas quanto ao ambiente e à genética, com alto nível de detalhamento, unindo as diferentes áreas do conhecimento na convergência de esforços para constituir bancos de dados, os quais sirvam para auxiliar nos processos de tomada de decisão visando a conservação destas espécies.

Neste sentido, o Brasil se comprometeu em aumentar a capacidade de conservação da diversidade genética e fazer o uso sustentável de suas espécies nativas no Acordo do Clima de Paris, em 2015, na 21ª Conferência das Partes - COP21.

Assim, esta metodologia pode ser empregada inteiramente ou em partes, com adaptações, para a maioria das espécies arbóreas brasileiras. O trabalho contém informações estratégicas tanto para os profissionais que trabalham com a conservação de espécies nativas, como para os que desenvolvem programas de melhoramento genético.

Os resultados obtidos relacionam-se com as seguintes áreas do conhecimento, as quais podem se aperfeiçoar a partir do conhecimento adquirido:

**“Melhoramento genético”** - os programas de melhoramento genético de erva-mate podem ser aperfeiçoados por meio do mapeamento de grupos populacionais e da caracterização de seus sítios, estratégico para o uso do germoplasma da espécie. O conhecimento das condições ambientais e genéticas das populações permitem identificar, no campo, os melhores grupos de populações para uso nos programas de melhoramento genético da espécie. Indivíduos com diferentes características fenotípicas podem ser

caracterizados e selecionados para uso em programas de melhoramento ou diretamente em plantios comerciais mais produtivos.

**“Conservação dos recursos genéticos”** - a identificação de populações com maior divergência genética poderá contribuir efetivamente para a conservação e o uso sustentável dos recursos genéticos de erva-mate, reduzir a perda de diversidade genética e, assim, reduzir o risco de extinção de algumas populações (ou procedências) menos adaptadas, principalmente aquelas situadas nas zonas periféricas de distribuição da espécie, tais como aquelas do extremo sul do Rio Grande do Sul, onde o ambiente é diferente dos demais, e outras populações encontradas em fragmentos mais ao norte da região de ocorrência, que apresentam características diferentes. As populações nas zonas periféricas são as que têm maior diversidade genética. A garantia de manutenção desta diversidade é importante também para assegurar recursos renováveis para a geração de novos produtos que poderão futuramente ser desenvolvidos a partir da geração de compostos fenólicos presentes nas folhas.

Para a conservação das populações naturais de erva-mate, os reflorestamentos ou os plantios em bancos de germoplasma devem ser feitos nos ambientes os mais semelhantes possível aos de onde foram feitas as coletas de sementes, para conservar os genes adaptados ao ambiente específico onde a população se desenvolveu, evitando com isso a exogamia, que é o cruzamento de indivíduos provenientes de populações de outros locais com as populações do local.

O método desenvolvido serve de base para que profissionais na área de conservação de recursos genéticos elaborem planos de amostragem de material genético no campo, com uma abordagem multidisciplinar.

**“Políticas públicas”** – Com os dados levantados nas expedições a campo, foi possível mapear a zona de distribuição de erva-mate e elaborar cenários futuros, analisando o que poderá ocorrer no futuro quanto à distribuição da espécie em relação às mudanças climáticas globais. Assim, os formuladores de políticas públicas e os tomadores de decisão terão informações que darão suporte à tomada de decisão para a criação de leis e normas relativas a criação de novas áreas a serem protegidas ou garantir as existentes, visando a conservação da espécie.

**“Zoneamento de riscos climáticos”** - a caracterização dos genes e do ambiente dos grupos de populações de erva-mate colabora para a definição de critérios e classes de aptidão ou de riscos de atributos pedoclimáticos, que identifiquem as regiões com os menores riscos climáticos para plantio comercial ou não comercial da erva-mate, voltados à constituição de reserva legal, banco de germoplasma etc.

**“Modelos de distribuição de espécie”** - com o desenvolvimento dos modelos de distribuição de erva-mate em nível de grupos de populações, pode-se identificar as regiões com maior potencial de uso da espécie em reflorestamento, visando a produção comercial, ou a indicação de regiões para composição em plantios destinados à reserva legal,

em atendimento ao código florestal. As áreas com maior risco de perda de populações e redução da diversidade genética da espécie, em função das ações antrópicas e das mudanças climáticas globais, também foram identificadas e, assim, podem ser sugeridas ações de mitigação dos impactos causados pelas ameaças climáticas, incluindo a criação de novas Unidades de Conservação (UCs), expansão ou manutenção das existentes, de acordo com o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012).

## 4 | CONCLUSÕES

A metodologia multidisciplinar desenvolvida é passível de uso para outras espécies arbóreas nativas e pode contribuir na formação de bancos de dados sobre estas espécies, os quais podem aumentar o conhecimento e gerar subsídios para o aumento de produtividade.

O uso da metodologia desenvolvida, ao indicar grupos de populações ou de regiões estratégicas com características comuns, pode auxiliar no desenvolvimento de programas de conservação ou melhoramento genético de erva-mate mais eficientes, com o mapeamento das populações e descrição de suas características genéticas, solo e clima.

Com o objetivo de garantir a capacidade de adaptação e resiliência da erva-mate às ameaças climáticas e às ações antrópicas, o uso da metodologia pode dar suporte à seleção de áreas para criação de novas unidades de conservação - UCs, ou de manutenção ou expansão das existentes, para a conservação dos recursos genéticos da espécie.

Com os resultados obtidos, existem condições para a elaboração de um zoneamento de riscos climáticos para a erva-mate, que indique áreas de menor risco para o estabelecimento dos plantios, com a possibilidade de que os agentes financeiros venham a se interessar por financiá-los, incentivando a conservação pelo uso.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio dado pelos coordenadores das Florestas e Parques Nacionais visitados, onde obteve-se apoio para o desenvolvimento das ações previstas no projeto Araucamate, especialmente ao Sr. Adão da Costa Gúlich, diretor da Flona de Passo Fundo (RS), pelo auxílio aos trabalhos desenvolvidos na Flona que coordena e pela viabilização de novos contatos com outras Flonas; Sra. Edenice Brandão de Ávila, diretora da Flona de São Francisco de Paula (RS); Sr. Léo Nascimento, diretor do Parque Nacional do Itatiaia (RJ); aos funcionários da Embrapa Florestas, Sr. Jacir Faber e Sr. Moacir Taverna (in memoriam), pelos auxílios nos trabalhos de campo; à equipe do Laboratório de Genética, da Xiloteca e do Laboratório de Solos e Ciclos Biogeoquímicos da Embrapa Florestas e à Embrapa, pelo financiamento do Projeto Araucamate e apoio logístico.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o novo código florestal brasileiro.

Capanezzi, A. A.; Ferreira, C. A.; Rotta, E. et al. Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná, Curitiba, EMBRAPA-CNPQ, 86p., 1986.

Capanezzi, A. A.; Pereira, J. C. D.; Carvalho, P. E. R. et al. Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina, Curitiba, EMBRAPA-CNPQ, 100p., 1988.

CRIA-BDT, IC/Unicamp, 1999. SinBiota - **Sistema de Informação Ambiental do Programa Biota/ FAPESP**. Disponível em: <<http://www.biotasp.org.br/sia/>>. Acesso em: 25 set 2015. Centro de Referência em Informação Ambiental - BDT e Instituto de Computação - Unicamp.

ESRI 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. Pinto et al., 1972

Fritzsons, E. et al. Distribuição da erva-mate no Estado do Paraná (Brasil): fatores climáticos limitantes. **Raega: O Espaço Geográfico em Análise**, v. 44, p. 258-271, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v44i0.50259.b>

Fritzsons, E.; Mantovani, L.E.; Wrege, M.S. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil (Relationship between altitude and temperature: a contribution to climatic zoning for the State of Santa Catarina, Brazil). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 80-92, 2016.

Fritzsons, E.; Wrege, M.; Mantovani, L. E. Fatores climáticos limitantes para a distribuição da erva-mate no estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, v.45, p.663/4 - 672, 2017

Fritzsons, E.; Wrege, M.S.; Mantovani, L.E. Altitude e temperatura: estudo do gradiente térmico no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, p. 108-119, 2015.

Garrastazu, M. C.; Flores, C. A.; Wrege, M. S.; Alba, J. M. F. **Zoneamento Edafoclimático para o Eucalipto na Região do Corede Sul - RS**. In: Carlos Alberto Flores; José Maria Filippini Alba; Marcos Silveira Wrege. (Org.). Zoneamento Agroclimático do Eucalipto para o Estado do Rio Grande do Sul e Edafoclimático na Região do Corede Sul - RS. 1ed.Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009, v. 1, p. 69-78.

IPCC 2013. Intergovernmental Panel on Climate Change 2013. Climate Change: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and Midgley, P.M. Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013,1535 p. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781107415324>.

Muñoz, M.E.S., Giovanni, R., Siqueira, M.F., Sutton, T., Brewer, P., Pereira, R.S., Canhos, D.A.L.; Canhos, V.P. (2009). 'OpenModeller:a generic approach to species' potential distribution modelling'. **Geoinformatica**. <http://dx.doi.org/10.1007/s10707-009-0090-7>.

Sousa, V.A. de; Sebbenn, A.M.; Hattemer, H.; Ziehe, M. Correlated mating in populations of a dioecious Brazilian conifer, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Forest Genet**, v. 12, p. 107-119, 2005.

U.S. Geological Survey - Survey National Mapping Division. **Global 30 arc second elevation data**. 1999. Disponível em: <<http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/gtopo30.html>>. Acesso em: 10 jul. 1999.

WMO. World Meteorological Organization. **A decade of Climate Extremes**, Summary Report, 8 p. 2013.

Wrege, M. S.; Fritzsos, E.; Soares, M. T. S.; Pantano, A.P.; Steinmetz, S.; Caramori, P. H.; Radin, B.; Pandolfo, C. Risco de ocorrência de geada na região Centro-Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 524-553, 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/57306>>. Acesso em: 07 ago. 2019.

Wrege, M. S.; Sousa, V.A.; Fritzsos, E.; Soares, M.T.S.; Aguiar, A.V. Predicting Current and Future geographical distribution of Araucaria niche modeling. **Environmental and Ecology Research**, v. 4, p. 269-279, 2016.

Wrege, M.S.; Steinmetz, S.; Reisser Jr, C.; Almeida, I.R. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336 p.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**FELIPE SANTANA MACHADO** - Felipe é professor de ciências e biologia para os ensinos fundamental e médio, bem como leciona gestão ambiental em cursos técnicos. É especialista em Morfofisiologia Animal e Gestão Ambiental, mestre em Ecologia Aplicada e doutor em Engenharia Florestal. Atualmente é professor efetivo de educação básica e tecnológica do Estado de Minas Gerais e também pela prefeitura de São Gonçalo do Sapucaí (MG). Apresenta vínculo funcional com o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Além de lecionar, atua em estudos de conservação e manejo de animais silvestres, principalmente sobre a relação da vegetação com vertebrados terrestres. Sua experiência profissional gerou uma ampla gama de publicações técnicas e científicas que incluem artigos científicos em revistas nacionais e internacionais, bem como relatórios técnicos de avaliação de impactos ambientais.

**ALOYSIO SOUZA DE MOURA** - Aloysio é Biólogo, mestre em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) com ênfase em Avifauna de fitofisionomias montanas. É observador e estudioso de aves desde 1990, e atualmente doutorando em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) tendo como foco aves e vegetações de altitude. Atua em levantamentos qualitativos e quantitativos de avifauna, diagnóstico de meio-biótico para elaborações de EIA-RIMA. Tem experiência nas áreas de Ecologia e Zoologia com ênfase em inventário de fauna, atuando principalmente nos seguintes temas: Avifauna, Cerrado, fragmentação florestal, diagnóstico ambiental, diversidade de fragmentos florestais urbanos e interação aves/plantas.

## ÍNDICE REMISSIVO

### B

Biodiversidade 32, 38, 40, 87, 89

### C

Cedro 57, 59

Ciência 59, 60, 69, 84

Collecting 4, 11

Comunidades Rurais 38, 40, 41, 45, 46

Conservação 3, 4, 5, 1, 2, 60, 61, 62, 66, 68, 69, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 97, 98, 99, 102

### D

Deforestation 6, 9

### E

Ecology 12, 84, 101

Economia Camponesa 38, 40, 47

### F

Fenofase 71

Fluorescência da clorofila 4, 57, 58, 59

Fotoperíodo 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 83, 86

### G

Gestão Ambiental 86, 102

### I

Ipê 57, 59, 77, 86

### M

Management 4, 3, 4, 5, 7, 11, 13, 14, 16, 60, 61

Manejo Sustentável 36

Meio Ambiente 60, 61, 68

Mudanças Climáticas 2, 12, 72, 89, 96, 97, 98, 99

Mudas 3, 57, 58, 59

### N

Nature 14, 85, 88

## **P**

Pollution 85

Precipitação 62, 71, 73, 74, 75, 78, 80, 81, 82, 83, 94, 95

Preservação 3, 2, 40

## **R**

Rustificação 57, 59

## **S**

Sustainability 11, 13, 17, 39

Sustentabilidade 38, 39

## **T**

Temperatura 62, 71, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 83, 94, 95, 100

## **W**

Water Management 4, 13, 14

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA FLORESTAL



-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA FLORESTAL



-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)