

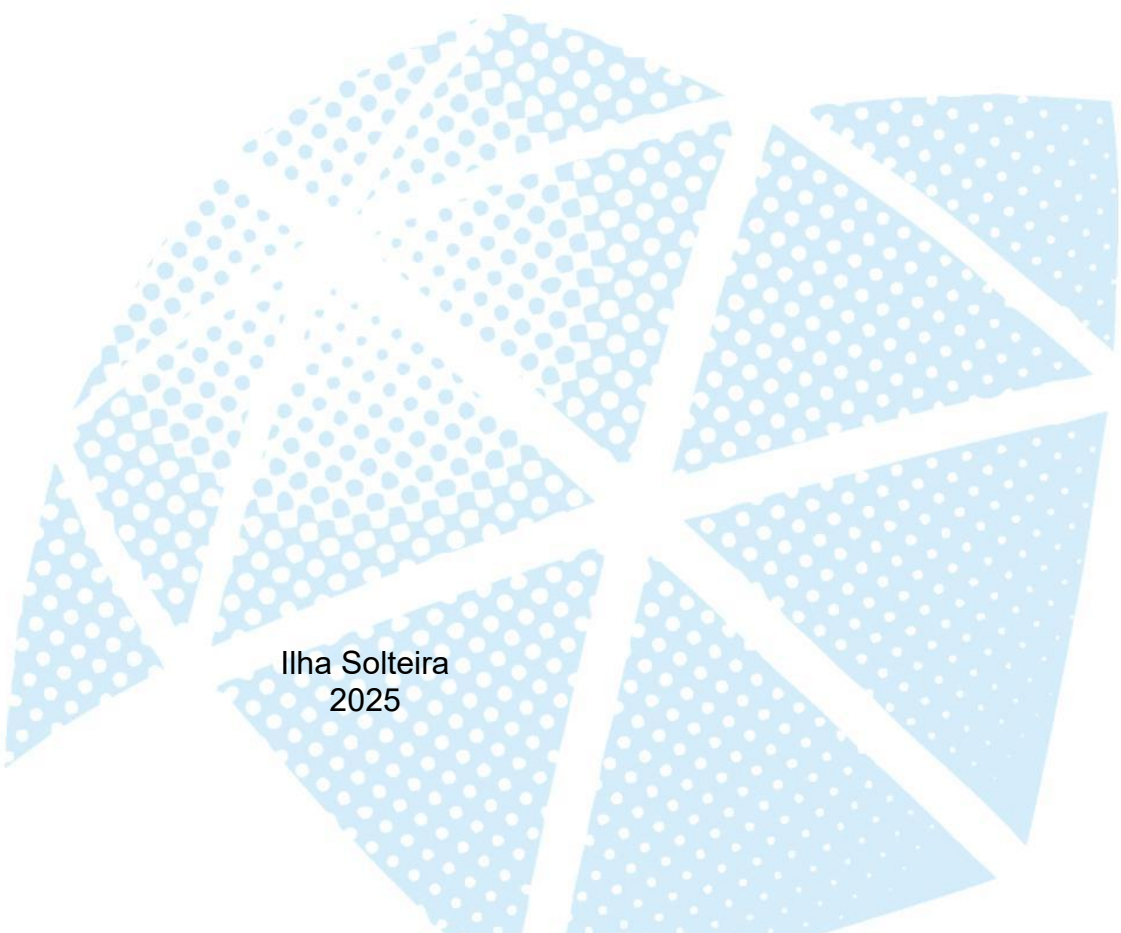
RESSALVA

Atendendo a solicitação do autor, o
arquivo completo desta tese só será
disponibilizado somente a partir de
17/08/2026.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

FERNANDA NEVES LIMA

**CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA E FENOTÍPICA DE POPULAÇÕES NATURAIS
DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze EM FITOFISIONOMIAS DA FLORESTA
OMBRÓFILA MISTA**



Ilha Solteira
2025

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FERNANDA NEVES LIMA

**CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA E FENOTÍPCIA DE POPULAÇÕES NATURAIS
DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze EM FITOFISIONOMIAS NA FLORESTA
OMBRÓFILA MISTA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Prof. Dra. Ananda Virginia de Aguiar

Coorientador: Dra. Valderês Aparecida de Sousa

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

L732c Lima, Fernanda Neves.
Caracterização genética e fenotípica de populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em fitofisionomias da floresta ombrófila mista / Fernanda Neves Lima. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
78 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2025

Orientador: Ananda Virginia de Aguiar

Coorientador: Valderês Aparecidade de Sousa

Inclui bibliografia

1. Araucária. 2. Caracteres fenotípicos. 3. Genética de populações. 4. Microsatélites. 5. Variabilidade.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Este estudo contribui para a conservação de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, espécie ameaçada de extinção e sensível às mudanças climáticas. Avaliou-se a diversidade genética de populações remanescentes em diferentes fitofisionomias, visando nortear estratégias de manejo que mantenham sua variabilidade genética, promovendo sua preservação e uso sustentável.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This study contributes to the conservation of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, critically endangered and climate change sensitive species. It evaluated the genetic diversity of remnant populations in different phytophysognomies, aiming to guide management strategies that preserve its genetic variability, ensuring its conservation and sustainable use.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CARACTERIZACAO GENETICA E FENOTÍPICA DE Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze EM FITOFISIONOMIAS DA FLORESTA OMBROFILA MISTA

AUTORA: FERNANDA NEVES LIMA

ORIENTADORA: ANANDA VIRGÍNIA DE AGUIAR

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de , especialidade: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



Documento assinado digitalmente
ANANDA VIRGINIA DE AGUIAR
Data: 24/02/2025 09:09:42-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. ANANDA VIRGÍNIA DE AGUIAR (Participação Virtual)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA



Documento assinado digitalmente
LAZARO JOSE CHAVES
Data: 24/02/2025 08:36:00-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. LAZARO JOSÉ CHAVES (Participação Virtual)
Escola de Agronomia / Universidade Federal de Goiás - UFG

Rafaella Mayrinck

Profa. Dra. RAFAELLA CARVALHO MAYRINCK (Participação Virtual)
Faculty of Forest and Environmental Management / University of New Brunswick - UNB (Canadá)

Ilha Solteira, 17 de fevereiro de 2025

Dedico este trabalho a mim
mesma por nunca desistir e
a *Araucaria angustifolia* (Bertol.)
Kuntze por resistir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e meus anjos da guarda que me acompanham lá de cima.

Agradeço minhas irmãs, meus pais, minha tia Lisiane, minha prima Flávia, além da minha família e amigos por serem meu apoio. E aos meus suportes de quatro patas - Pinhão, Luna, Thanos, Tonya e Theodora.

Agradeço a Dra. Ananda Virginia de Aguiar pela oportunidade de realizar o mestrado, pela orientação e por todos os momentos de aprendizado que tivemos, saiba que você é uma pessoa muito importante para mim. E a Dra. Valderês Aparecida de Sousa pela coorientação e por todos os ensinamentos compartilhados, vocês são exemplos de pesquisadoras na minha vida.

A banca de qualificação, Dra. Karina Martins e Dra. Maria Teresa Gomes Lopes e a banca de defesa Dra. Rafaella Mayrinck e o Dr. Lázaro Chaves pelas considerações que contribuíram para melhora do estudo.

Toda gratidão a UNESP de Ilha Solteira pela estrutura, apoio e conhecimento. Aos professores e amigos que me acolheram e fizeram de Ilha minha casa, em especial a Laura Martins Araújo, Matheus Dutra, Natália Marques e Vinicius Marchi.

Agradeço também a Embrapa Florestas, em especial aos técnicos, o Laboratório de Análises Dendrocronológicas e o grupo de pesquisa Funpinus pela oportunidade de estágio e por me conectar com pessoas incríveis, em especial Bruno Marchetti, Kethelyn Sudário, Marianne Bernardes e Vitória Macedo.

A Universidade de New Brunswick, ao programa ELAP e a Dra. Rafaella Mayrinck pela oportunidade do estágio no Canadá, o que proporcionou uma experiência enriquecedora para minha vida profissional e pessoal e a realização de um sonho, Fredericton ganhou um espaço no meu coração.

Por fim, agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro e concessão da bolsa. E a empresa Gralha Azul Transmissão de Energia S.A pelo apoio financeiro dentro do projeto [Acordo de Cooperação Técnica e Financeira (SAIC/Embrapa nº 21500.20/0150-0)].

“O correr da vida embrulha tudo, a vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem.”

Grande Sertão Veredas, Guimarães Rosa, 1956
GUIMARÃES ROSA, J. Grande sertão: veredas. Rio de Janeiro: **Nova Fronteira**, 1956.

RESUMO

Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze, símbolo da Floresta Ombrófila Mista (FOM), apresenta distribuição heterogênea, ocupando distintas fitofisionomias ao longo dessa formação vegetal. A intensa exploração madeireira no século XIX e a fragmentação do habitat colocaram a espécie em risco crítico de extinção. Assim, conservar os remanescentes é essencial, visto que estudos apontam significativa diversidade genética que deve ser explorada e preservada. Este estudo, realizado em parceria entre a Embrapa Florestas e a empresa Engie S.A., teve como objetivo mensurar a variabilidade genética e fenotípica de populações naturais de *Araucaria angustifolia* em diferentes fitofisionomias da FOM no estado do Paraná. Foram amostradas árvores para mensuração de caracteres fenotípicos relacionados ao crescimento e à qualidade da madeira, além da coleta de material genético para análises moleculares com marcadores microssatélites e amostras de madeira para estudo dos anéis de crescimento. Cada conjunto de dados foi analisado com softwares específicos para o cálculo dos parâmetros necessários. A partir dos resultados, foram estimadas as distâncias genéticas, fenotípicas e geográficas entre as populações, investigando possíveis relações entre estas por meio do coeficiente de correlação de Pearson e do teste de Mantel. Os caracteres fenotípicos apresentaram heterogeneidade intra e interpopulacional, com a altura sendo o caráter de maior divergência fenotípica (P_{ST}). O estudo de anéis revelou idades variando entre 54 e 158 anos, com incremento médio anual semelhante entre populações (0,57 cm/ano). Os parâmetros genéticos revelaram alta variabilidade e elevado fluxo gênico elevado entre e dentro das populações, sem diferenças significativas na estrutura genética entre as distintas fisionomias. O agrupamento por cluster e a baixa distância genética apontaram um único grupo de populações, indicando ausência de diferenciação genética entre elas, apesar da fragmentação. No entanto, a distância fenotípica separou a população de Ipiranga, sugerindo possível adaptação local desta a condições ambientais específicas, reforçada pelo alto P_{ST} em relação ao coeficiente de diferenciação (F_{ST}). Portanto, há a presença de variabilidade fenotípica nas populações, independentemente do tipo de fitofisionomia. E uma alta diversidade genética foi encontrada em todas as populações, com destaque para a riqueza alélica. Isso destaca a importância de conservar a espécie, considerando tanto sua diversidade quanto seu papel ecológico. A combinação desses dados genéticos e fenotípicos oferece uma base sólida para criar estratégias eficazes de conservação, melhoramento genético e uso sustentável da espécie.

Palavras-chave: araucária; caracteres fenotípicos; genética de populações; microssatélites; variabilidade.

ABSTRACT

Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze, symbol of the Mixed Ombrophilous Forest (FOM), has a heterogeneous distribution, occupying different phytophysiognomies within this vegetation formation. Intense logging in the 19th century and habitat fragmentation placed the species at critical risk of extinction. Therefore, conserving the remaining populations is essential, as studies indicate significant genetic diversity that must be explored and preserved. This study, conducted in partnership between Embrapa Florestas and the company Engie S.A., aimed to measure the genetic and phenotypic variability of natural populations of *Araucaria angustifolia* in different phytophysiognomies of the FOM in the state of Paraná, Brazil. Trees were sampled to measure phenotypic traits related to growth and wood quality, along with the collection of genetic material for molecular analyses using microsatellite markers, and wood samples for dendrochronological studies. Each dataset was analyzed using specific software to calculate the necessary parameters. Based on the results, genetic, phenotypic, and geographic distances between populations were calculated, and potential relationships among them were investigated using Pearson's correlation coefficient and the Mantel test. Phenotypic traits showed heterogeneity within and between populations, with height presenting the highest and most significant phenotypic divergence (P_{ST}). The growth ring study revealed tree ages ranging from 54 to 158 years, with a similar mean annual increment among populations (0.57 cm/year). Genetic parameters indicated high variability and elevated gene flow within and among populations, with no significant differences in genetic structure even across distinct phytophysiognomies. Cluster analysis and low genetic distance values pointed to a single population group, indicating an absence of genetic differentiation despite fragmentation. However, phenotypic distance separated the Ipiranga population, suggesting possible local adaptation to specific environmental conditions, reinforced by its high P_{ST} relative to the genetic differentiation coefficient (F_{ST}). There is clear phenotypic variability present in the populations, regardless of phytophysiognomy type. Furthermore, high genetic diversity was found in all populations, with particular emphasis on allelic richness. This highlights the crucial importance of conserving the species, considering both its diversity and its ecological role. Combining these genetic and phenotypic data provides a solid foundation for creating effective strategies for the species' conservation, genetic improvement, and sustainable use.

Keywords: microsatellites marker; Parana pine; phenotypic traits; populations genetics; variability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Ilustração do ciclo reprodutivo da <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kunzte.....	20
Figura 2	- Distribuição original da <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kunzte ao longo do Hemisfério Sul.....	23
Figura 3	- Perfil da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) da esquerda para a direita.....	25
Figura 4	- Mapa de localização e distância (km) entre das populações naturais de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze amostradas.....	49
Figura 5	- Boxplot dos valores dos caracteres fenotípicos das três populações amostradas de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze. A. Altura (m). B. Diâmetro à altura do peito (cm) C. Diâmetro de copa (m).....	54
Figura 6	- Matriz de correlação entre caracteres fenotípicos e média do incremento anual submetidas ao teste-t ($p < 0.05$) nas populações de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze amostradas.....	55
Figura 7	- Análises de estrutura populacional baseadas no método bayesiano utilizando o software <i>Structure</i> . A. Média do logaritmo da verossimilhança em relação aos valores de K. B. Gráfico de barras com o coeficiente de <i>membership</i> (Q) simétrico.....	58
Figura 8	- Dendrograma e valores de bootstrap da matriz de distância Euclidiana obtida nas três populações amostradas de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze.....	59
Figura 9	- A. Dendrograma da matriz de distância de Nei obtidas nas três populações amostradas de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze. B. Árvore consenso e valor de bootstrap da matriz de distância de Nei obtidas nas três populações amostradas de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Regiões de amostragem das populações naturais de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze no estado do Paraná e suas características edafoclimáticas.....	48
Tabela 2	- Análise descritiva, componentes de variâncias e divergência fenotípica entre populações (P_{ST}) dos caracteres fenotípicos das árvores de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze amostradas.....	53
Tabela 3	Resultados obtidos com estudos de anéis de crescimento nas três populações de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze.....	56
Tabela 4	- Parâmetros de diversidade genética analisados nas três populações de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze, utilizando oito loci microssatélite	57
Tabela 5	- Estatística F de Wright para <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze para com base em oito loci microssatélite analisados.....	57
Tabela 6	- Correlações entre as matrizes de distâncias submetidas ao teste de Mantel (9.999 permutações)	61

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A	Número de alelos
Ar/Ra	Riqueza Alélica
BAGs	Bancos Ativos de Germoplasma
Cc	Célula da capa
Ce	Célula embriogênica
Cs	Célula do suspensor
CPA	Diâmetro de projeção de copa
DAP/DBH	Diâmetro a altura do peito
DNA	Ácido desoxirribonucleico
EHW	Equilíbrio de Hardy-Weinberg
F_{is}	Índice de fixação nas subpopulações
F_{it}	Índice de fixação na população total
FMA	Fungos micorrízicos arbusculares
FOM/MOF	Floresta Ombrófila Mista
F_{st}	Índice de diferenciação genética
H_e	Heterozigosidade esperada no Equilíbrio de Hardy-Weinberg ou diversidade gênica de Nei
H_o	Heterozigosidade observada
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IUCN	União Internacional para Conservação da Natureza
Ma	Aluvial
MI	Alto Montana
Mm	Montana
Ms	Submontana
P_{ST}	Divergência fenotípica entre populações

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS GERAIS	16
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	EVOLUÇÃO E TAXONOMIA	17
2.2	CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE.....	17
2.3	FENOLOGIA REPRODUTIVA	18
2.4	ECOLOGIA E USO COMERCIAL.....	20
2.5	DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA.....	22
2.6	FITOFISIONOMIAS DA FLORESTA ÓMBROFILA MISTA	23
2.7	ESTUDOS DE DIVERSIDADE GENÉTICA DA ARAUCÁRIA	25
2.8	ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO DA ARAUCÁRIA	28
	REFERÊNCIAS	30
3	CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA E FENOTÍPICA DE POPULAÇÕES NATURAIS DE <i>Araucaria angustifolia</i> (BERTOL.) KUNTZE EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DA FLORESTA ÓMBROFILA MISTA ...	44
3.1	INTRODUÇÃO.....	46
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	47
3.2.1	<i>Amostragem das populações naturais</i>	<i>47</i>
3.2.2	<i>Coleta de dados fenotípicos</i>	<i>49</i>
3.2.3	<i>Estudos dos anéis de crescimento</i>	<i>50</i>
3.2.4	<i>Extração de DNA.....</i>	<i>50</i>
3.2.5	<i>Estudos de diversidade genética</i>	<i>51</i>
3.2.6	<i>Análises de estrutura genética populacional.....</i>	<i>52</i>
3.2.7	<i>Matrizes de distância entre as populações</i>	<i>52</i>
3.3	RESULTADOS	53
3.4	DISCUSSÃO.....	61
3.5	CONCLUSÕES.....	67
3.6	AGRADECIMENTOS.....	67
	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze, popularmente conhecida como pinheiro-do-paraná, é uma árvore essencial para o ecossistema da Floresta Ombrófila Mista (FOM). Sua presença favorece o desenvolvimento de diversas espécies da fauna e flora associadas ao bioma Mata Atlântica. Além de seu papel ecológico, sua distribuição restrita à região Sul e Sudeste do Brasil, leste do Paraguai e nordeste da Argentina a torna um símbolo cultural importante para as comunidades locais. Atualmente, além da extração madeireira regulamentada, o extrativismo do pinhão, sua semente, tem aumentado, evidenciando também seu valor econômico.

Considerada um fóssil vivo, a conífera araucária está presente no planeta há milhões de anos, mas teve seu território fragmentado em decorrência da urbanização e da expansão agrícola (Zurek *et al.*, 2024). A intensa exploração de sua madeira no século XIX, devido à elevada qualidade, contribuiu significativamente para a drástica redução de suas populações naturais, resultando à sua inclusão na lista de espécies como criticamente ameaçada de extinção (Thomas, 2013; IUCN, 2018). Esses fatores reforçam a urgência na conservação dos remanescentes da espécie.

A redução do seu habitat, aliada à longevidade da espécie e à sua dependência de um clima úmido e frio para eficiência do ciclo reprodutivo, dificulta ainda mais sua sobrevivência diante do cenário atual de mudanças climáticas (Simón *et al.*, 2018). A distribuição de araucária abrange as diferentes fitofisionomias da Floresta Ombrófila Mista (FOM), com ocorrência registrada em ambientes heterogêneos com variações de altitude, temperatura e precipitação (Roderjan *et al.*, 2002; Wrege *et al.*, 2017b). Apesar da baixa quantidade de remanescentes naturais, ainda há diversidade genética entre as populações. Estudos indicam a existência de dois grandes grupos genéticos da espécie ao longo da área de distribuição da espécie, o Norte e o Sul, além outras subdivisões (Stefenon *et al.*, 2019; Sousa *et al.*, 2020; Vasconcellos *et al.*, 2024).

A caracterização genética de espécies pode ser realizada com diferentes conjuntos de dados relacionados à diversidade genética. Destacam-se a análise molecular com uso de marcadores genéticos obtidos pela extração de DNA, e o uso de caracteres fenotípicos mensurados por parâmetros silviculturais (Kageyama e Jacob, 1980; Shimizu *et al.*, 2000; Sousa, 2001; Auler *et al.*, 2002; Sebben *et al.*, 2004;

Mantovani *et al.*, 2006; Duarte *et al.*, 2012; Ferreira *et al.*, 2012; Montagna *et al.*, 2012; Inza *et al.*, 2018; Montagna *et al.*, 2019; Sousa *et al.*, 2020; Resende *et al.*, 2021; Roque *et al.*, 2023).

A preservação do *pool gênico* da araucária é crucial para sua sobrevivência, sendo a fragmentação do habitat um dos fatores responsáveis por causar erosão genética (Nunes *et al.*, 2021). Essa perda pode comprometer sua capacidade adaptativa frente às mudanças ambientais, ameaçando sua ocorrência a longo prazo (Nei *et al.*, 1975; Ellstrand e Ellan, 1993; Young *et al.*, 1996).

A caracterização das populações naturais informa sobre a variabilidade genética existente, fundamental para o manejo sustentável e preservação da espécie (Kageyama, 1987). Desde 1978, iniciativas vêm sendo desenvolvidas por empresas privadas em parceria com universidades e instituições de pesquisa, como a Embrapa Florestas, com objetivo de mensurar a diversidade genética das populações remanescentes e definir estratégias eficazes na conservação da araucária (Aguiar *et al.*, 2021). Os estudos envolvem a coleta de sementes, estabelecimento de coleções ativas de germoplasma e caracterização de material genético para a conservação *ex situ* e *in situ*.

Os dados obtidos a partir dessas análises contribuem para o enriquecimento dos bancos ativos de germoplasma (BAGs) e para o desenvolvimento programas de conservação e melhoramento genético da espécie. Essas informações são essenciais para a compreensão da distribuição genética da araucária e planejamento dessas estratégias de conservação e, conseqüentemente, sobrevivência da espécie.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

Estimar a variabilidade genética e fenotípica de populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em diferentes fitofisionomias da Floresta Ombrófila Mista no estado do Paraná, visando, especialmente, ao fortalecimento de programas de conservação e melhoramento genético da espécie.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Estimar parâmetros genéticos de populações naturais com uso de marcadores microsatélites e caracteres fenotípicos;
- b) Contribuir para a compreensão da distribuição de Araucária com base na análise integrada de matrizes de distâncias genéticas, fenotípicas e geográficas;
- c) Fornecer informações sobre a diversidade genética da Araucária em diferentes fitofisionomias, contribuindo para o entendimento de sua variação intraespecífica e potencial adaptativo;
- d) Subsidiar o uso de acesso de germoplasma das populações de araucária e estratégias de coleta de material genético para programas de conservação e melhoramento genéticos de maneira efetiva.

Acknowledgements

The energy transmission company Engie S.A. for their financial support to the project, all the technicians from Embrapa Floresta, and Luciano from the Embrapa's Experimental Field in Ponta Grossa. And this study was also financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Finance Code 001.

REFERÊNCIAS

References

- Adan, N., Atchinson, J., Reis, M.S., Peroni, N., 2016. Local knowledge, use and management of ethnovarieties of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze in the Plateau of Santa Catarina, Brazil. *Economic Botany* 70(4): 353–364. <https://doi.org/10.1007/s12231-016-9361-z>
- Aguiar, A.V., Moura, N.F., Moura, M.F., Zucchi, M.I., Vencovsky, R., Chaves, L.J., 2011. Relação entre a variação genética de caracteres quantitativos e marcadores moleculares em subpopulações de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC). *Revista Brasileira de Fruticultura* 33(1): 157–169. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000100021>
- Aguiar, A.V., Sousa, V.A., Friztons, E., Júnior, J.E.P., Mikich, S.B., Liebsch, D., 2021. A Araucária e suas especificidades (Cap. 03). In A. V. Aguiar, V. A. Sousa, E. Friztons, J. E. P. Júnior, S. B. Mikich, & D. Liebsch (eds.), *Araucária: Pesquisa e Desenvolvimento no Brasil* (1ª ed.). Embrapa Florestas. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1137523>
- Auler, N.M.F., Reis, M.S., Guerra, M.P., Nodari, R.O., 2002. The genetics and conservation of *Araucaria angustifolia*: I. Genetic structure and diversity of natural populations by means of non-adaptive variation in the state of Santa Catarina, Brazil. *Genetics and Molecular Biology* 25(3): 329–338. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572002000300014>
- Bajpai, P. K., Weiss, H., Dvir, G., Hanin, N., Wasserstrom, H., & Barazani, O. (2022). Phenotypic differentiation and diversifying selection in populations of *Eruca sativa* along an aridity gradient. *BMC Ecology and Evolution*, 22, Article 40. <https://doi.org/10.1186/s12862-022-02014-9>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Bittencourt, J.M., Sebbenn, A.M., 2007. Patterns of pollen and seed dispersal in a small, fragmented population of the wind-pollinated tree *Araucaria angustifolia* in southern Brazil. *Heredity* 99(6): 580–591. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6801019>
- Bittencourt, J.M., Sebbenn, A.M., 2008. Pollen movement in a continuous forest of *Araucaria angustifolia*, inferred from paternity and TWOGENER analysis. *Conservation Genetics* 9(4): 855–868. <https://doi.org/10.1007/s10592-007-9411-2>
- Bittencourt, J.M., Sebbenn, A.M., 2009. Genetic effects of forest fragmentation in high-density *Araucaria angustifolia* populations in Southern Brazil. *Tree Genetics & Genomes* 5(4): 573–582. <https://doi.org/10.1007/s11295-009-0210-4>

- Borem, A., Miranda, G., 2013. *Melhoramento de Plantas*. 6ª ed. Editora UFV, Viçosa, 523 p.
- Brazil. (2012). *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.html
- Brazilian Florest Service, 2019. Florestas do Brasil - em resumo. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 212p.
- Brommer, J. E. (2011). Whither Pst? The approximation of Qst by Pst in evolutionary and conservation biology. *Journal of Evolutionary Biology*, 24(6), 1160–1168. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2011.02268.x>
- Bucur, V., 2023. A review on acoustics of wood as a tool for quality assessment. *Forests* 14: 1545. <https://doi.org/10.3390/f14081545>
- Caballero, A., García-Dorado, A., 2013. Allelic diversity and its implications for the rate of adaptation. *Genetics* 195 (4): 1373–1384. <https://doi.org/10.1534/genetics.113.158410>
- Canetti, A., Ruy, C. C., Mattos, P. P. de, Braz, E. M., 2014. Dinâmica de crescimento de espécies de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Colombo, PR. *Pesquisa Florestal Brasileira* 34(77): 31–37. <https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.77.602>
- Cisneros, A. B., Moglia, J. G., Álvarez, J. A., 2019. Morfometría de copa en *Prosopis alba* Griseb. *Ciência Florestal* 29 (2): 863–884. <https://doi.org/10.5902/1980509826846>
- Curto, R. D. A., Mattos, P. P. de, Braz, E. M., Netto, S. P., Zachow, R., 2021. Massa específica básica da madeira de *Araucaria angustifolia* em povoamento superestocado. *Pesquisa Florestal Brasileira* 36 (85): 51–59. <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.85.963>
- Cysneiros, V. C., Pelissari, A. L., Pellico Netto, S., Machado, S. A., Figueiredo Filho, A., 2023. Population structure of *Araucaria angustifolia* under distinct forest protection status: implications for management and conservation. *Journal of Forestry Research* 34: 1437–1446. <https://doi.org/10.1007/s11676-023-01603-8>
- Dénes, F. V., Tella, J. L., Zulian, V., Prestes, N. P., Martínez, J., Hiraldo, F., 2018. Combined impacts of multiple non-native mammals on two life stages of a critically endangered Neotropical tree. *Biological Invasions* 20: 3055–3068. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1758-4>
- Diniz-Filho J.A, Soares T.N, Lima J.S, Dobrovolski R., Landeiro V.L, de Campos Telles M.P, Rangel T.F, Bini L.M. (2013) Mantel test in population genetics. *Genet Mol Biol*. 36(4): 475–85. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572013000400002>
- Dillenburg, L.; Franco, A. M. S.; Coutinho, A. L.; Körndorfer, C. L.; Clebsch, C. C.; Duarte, L. S.; Ferla, L.; Rosa, L. M. G.; Silva, L. G. R.; Garbin, M. L.; Mósen, M.; Zandavalli, R. B.;

Yamasaki, S. Ecophysiological aspects of *Araucaria angustifolia* regeneration. 2009. Araucaria Forest: Ecology, Conservation and Sustainable Development. Ribeirão Preto: *Holos*, 1: 57–65.

Dray, S., & Dufour, A.-B. (2007). Theade4Package: Implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*, 22(4). <https://doi.org/10.18637/jss.v022.i04>

Faleiro, F. G., 2007. Marcadores genético-moleculares aplicados a programas de conservação e uso de recursos genéticos. *Embrapa Cerrados*, Planaltina, DF, 102 p.
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/570287>

FAO. 2025. *The Second Report on the State of the World's Forest Genetic Resources*. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, 2025. Rome.
<https://doi.org/10.4060/cd4838en>

Faria, A. B. C., 2018. Conservação e saúde das araucárias: fundamentos legais e ecossistêmicos. 1ed. *Juruá*, Curitiba, 104 p.

Ferreira, D. K., Nazareno, A. G., Mantovani, A., Bittencourt, R., Sebben, A. M., Reis, M. S., 2012. Genetic analysis of 50-year-old Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) plantations: implications for conservation planning. *Conservation Genetics* 13: 435–442.
<https://doi.org/10.1007/s10592-011-0296-8>

Ferri, G. K., 2017. *Araucaria angustifolia*: milhões de anos de história. *Revista História Catarina* 86: 52–66.

Fritzons, E., Mantovani, L.E., Wrege, M.S., 2018a. Fatores climáticos limitantes da distribuição da araucária no estado do Paraná e as implicações para sua restauração. *RAE GA – O Espaço Geográfico em Análise* 44: 258. <https://doi.org/10.5380/raega.v44i0.50259>

Fritzons, E., Wrege, M.S., Mantovani, L.E., 2018b. Distribuição natural do pinheiro-do-Paraná no estado do Rio Grande do Sul, BR: a influência de fatores climáticos e geomorfológicos. *Revista Brasileira de Climatologia* 22: 118–132. <https://doi.org/10.5380/abclima.v22i0.51315>

Fritzons, E., Wrege, M.S., Mantovani, L.E., 2018c. Climatic aspects related to the distribution of Parana pine in the state of Santa Catarina. *Floresta* 48: 503.
<https://doi.org/10.5555/20193027754>

Foulley, J., Ollivier, L., 2006. Estimating allelic richness and its diversity. *Livestock Science* 101: 150–158. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.10.021>

Gentili, R.; Solari, A.; Diekmann, M.; Duprè, C.; Monti, G.S; Armiraglio, S.; Assini, S.; Citterio, S. (2018), Genetic differentiation, local adaptation and phenotypic plasticity in fragmented populations of a rare forest herb. *PeerJ* 6:e4929 <https://doi.org/10.1007/peerj.4929>

Goeten, D., Rogge-Renner, G.D., Schmidt, É.C., 2020. Updating embryonic ontogenesis in *Araucaria angustifolia*: from Burlingame (1915) to the present. *Protoplasma* 257: 931–948.
<https://doi.org/10.1007/s00709-020-01481-5>

Goudet, J., Büchi, L., 2006. The effects of dominance, regular inbreeding, and sampling design on QST, an estimator of population differentiation for quantitative traits. *Genetics* 172(2): 1337–1347.

<https://doi.org/10.1534/genetics.105.050583>.

Greenbaum, G., Templeton, A.R., Zarmi, Y., Bar-David, S., 2014. Allelic richness following population founding events – A stochastic modeling framework incorporating gene flow and genetic drift. *PLoS ONE* 9(12): e115203. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115203>

Halama, K. J., & Reznick, D. N. (2001). Adaptation, optimality, and the meaning of phenotypic variation in natural population. *Adaptationism and optimality* (pp. 242–272). Cambridge University Press.

Hendry, A. P., Taylor, E. B., 2004. How much of the variation in adaptive divergence can be explained by gene flow? An evaluation using lake-stream stickleback pairs. *Evolution* 58(10): 2319–2331.

<https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2004.tb01606.x>.

Hess, A. F., Schneider, P. R., 2010. Crescimento em volume de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em três regiões do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Florestal* 20(1): 107–122.

<https://doi.org/10.5902/198050981765>.

Hess, A. F., Loiola, T., Souza, I. A., Minatti, M., Ricken, P., Borsoi, G. A., 2018. Forest management for the conservation of *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil. *Floresta* 48(3): 373–382.

<https://doi.org/10.5380/uf.v48i3.55452>

Huss, J., Dobner Jr., M., Paixão, C. A., ten Caten, A., & Siminski, A. (2020). Regeneration of *Araucaria angustifolia* in pine plantations in the South of Brazil – a silvicultural approach. *Scientia Forestalis*, 48(127), e3265. <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n127.16>

Inza, M. V., Aguirre, N. C., Torales, S. L., Pahr, N. M., Fassola, H. E., Fornes, L. F., Zelener, N., 2018. Genetic variability of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze in the Argentinean Parana Forest and implications for management and conservation. *Trees* 32(4): 1135–1146.

<https://doi.org/10.1007/s00468-018-1701-4>

IUCN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-2. <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em 24/04/2024.

Janes, J. K., & Hamilton, J. A. (2017). Mixing It Up: The Role of Hybridization in Forest Management and Conservation under Climate Change. *Forests*, 8(7), 237.

<https://doi.org/10.3390/f8070237>

Jombart, T. (2008). adegenet: a R package for the multivariate analysis of genetic markers. *Bioinformatics*, 24(11), 1403–1405. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btn129>

Koch, Z., Corrêa, M. C., 2010. Araucária: a floresta do Brasil meridional = Araucaria: the meridional Brazil forest. *Olhar Brasileiro*, Curitiba, 168 p.

- Krajnc, L., Farrelly, N., & Harte, A. M., 2019. Evaluating timber quality in larger diameter standing trees: Rethinking the use of acoustic velocity. *Holzforschung*, 73(9): 797–806. <https://doi.org/10.1515/hf-2018-0232>
- Kuhn, S.A., Nogueira, F.M., Schürer, T., Mariath, J.E.A., 2024. Reproductive biology of the "Brazilian pine" (*Araucaria angustifolia* - Araucariaceae): the pollen tube growth and the seed cone development. *Plant Reproduction* 37(1): 1-13. <https://doi.org/10.1007/s00497-023-00473-8>
- Kulevycz, R.A., Oliveira, O.S.de, Pompeu, N., Silva, B.A da, Souza, E.C. de, 2020. Analysis of forests' genetic vulnerability and arguments to reduce deforestation. *Ambiente & Sociedade* 23: 1-12. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20170222r2vu2020L1AO>.
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2017). lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software*, 82(13), 1-26. <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>
- Lagos, A. R., Muller, B. L. A., 2007. Hotspot Brasileiro: Mata Atlântica. *Saúde e Ambiente em Revista* 2(2): 35–45.
- Lambrecht, F. R.; Balbinot, R.; Mattos, P. P. de; Braz, E. M.; Trautenmüller, J. W.; Canetti, A. 2019. Competição em floresta natural de araucária na região noroeste do Rio Grande do Sul-Brasil. *Scientia Forestalis* 47: 121, 131-138 <https://doi.org/10.18671/scifor.v47n121.13>
- Lawton, R.O. (1982) Wind stress and elfin stature in a Montane rain forest tree: an adaptive explanation. *American Journal of Botany*, 69, 1224–1230. <https://doi.org/10.2307/2442746>
- Leinonen, P., O'Hara, R. B., Cano, J. M., & Merilä, J. (2008). Comparative analysis of quantitative trait and neutral marker divergence: a review. *Journal of Evolutionary Biology*, 21(1), 1-17. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2007.01445.x>
- Leinonen, T., McCairns, R. S., O'Hara, R. B., & Merilä, J. (2013). QST–FST comparisons: Evolutionary and ecological insights from genomic heterogeneity. *Nature Reviews Genetics*, 14(3), 179–190. <https://doi.org/10.1038/nrg3395>
- Lindström H., Harris P., and Nakada R. 2002. Methods for measuring stiffness of young trees. *Holz Roh- Werkst.* 60(3): 165–174. <https://doi.org/10.1007/S00107-002-0292-2>
- Longhi, R.V., Schneider, P.R., Longhi, S.J., Maragon, G.P., Costa, E.A., 2018. Growth dynamics of *Araucaria* after management interventions in natural forest. *Forest Management* 25(2). <https://doi.org/10.1590/2179-8087.026415>
- Mainieri, C., & Chimelo, J.P. (1989). *Fichas de características das madeiras brasileiras*. São Paulo: IPT. 418 p.
- Mantovani, A., Morellato, L. P. C., & Reis, M. S. (2006). Internal genetic structure and outcrossing rate in a natural population of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. *Journal of Heredity*, 97(5), 466–472. <https://doi.org/10.1093/jhered/esl031>

Mattos, J. R. (1994). *O pinheiro-brasileiro*. Artes Gráficas Princesa, Lages, Santa Catarina, Brazil.

Mattos, P. P., Santos, A. T., Rivera, H., Oliveira, Y. M. M., Rosot, M. A. D., Garrastazu, M. C. (2007b). Crescimento de *Araucaria angustifolia* na Reserva Florestal Embrapa/Epagri, Caçador, SC. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, 55: 107-114.

<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/314164>

Mankowski, P., Burawska-Kupniewska, I., Krzosek, S., Grzeskiewicz, M. Influence of Pine (*Pinus sylvestris* L.) Growth Rings Width on the Strength Properties of Structural Sawn Timber. *BioResources* 15(3), 5402-5416.

Mattos, J. R. de (2011). *O pinheiro brasileiro*. Ed. da UFSC, Florianópolis, 608 p.

Medina-Macedo, L., Sebben, A. M., Lacerda, A. E. B., Ribeiro, J. Z., Soccol, C. R., Bittencourt, J. V. M., 2015. High levels of genetic diversity through pollen flow of the coniferous *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze: a landscape-level study in Southern Brazil. *Tree Genetics & Genomes* 11: 1–14.

<https://doi.org/10.1007/s11295-014-0814-1>.

Mendiburu, F. de; Mendiburu, Z. de. 2020 agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. Versão 1.3-5. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>.

Merilä, J., & Crnokrak, P. (2001). Comparison of quantitative trait and neutral molecular marker divergence: a review of empirical estimates. *Journal of Evolutionary Biology*, 14(6), 892-901 <http://dx.doi.org/10.1046/j.1420-9101.2001.00348.x>

Miller, D. L., Rexstad, E., Thomas, L., Marshall, L., Laake, J. L., 2019. Distance Sampling in R. *Journal of Statistical Software* 89(1): 1–28. <https://doi.org/10.18637/jss.v089.i01>.

Miranda, J. M. D. (2005). Dieta de *Sciurus ingrami* Thomas (Rodentia, Sciuridae) em um remanescente de Floresta com Araucária, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(4): 1141–1145.

<https://doi.org/10.1590/S0101-81752005000400047>

Miranda, Z. P., Guedes, M. C., Rosa, S. A., & Schöngart, (2018). The volume increment modeling and subsidies for the management of the tree *Mora paraensis* (Ducke) Ducke based on the study of growth rings. *Trees - Structure and Function*, 32(1): 277–286. <https://doi.org/10.1007/s00468-017-1630-7>.

Mota, E. E. S., Novaes, C. R. D. B., Silva, L. B., & Chaves, L. J. (2020). Structure of the phenotypic variability of fruit and seeds of *Dipteryx alata* Vogel (Fabaceae). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 42(1), e-003. <https://doi.org/10.1590/0100-29452020003>

Montagna, T., Ferreira, D. K., Steiner, F., Silva, F. A. L. S. da, Bittencourt, R., Silva, J. Z. da, Mantovani, A., & Reis, M. S. (2012). A importância das unidades de conservação na manutenção da diversidade genética de araucária [*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze] no estado de Santa Catarina. *Biodiversidade Brasileira*, 2(2), 17–24. <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v2i2.270>

- Montagna, T., Lauterjung, M.B., Costa, N.C.F. da, Bernardi, A.P., Candido-Ribeiro, R., Reis, M.S. dos, 2019. Guidelines for seed collection of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze: A genetic, demographic and geographic approach. *Forest Ecology and Management* 438: 10-17. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.02.006>.
- Nei, M., 1973. Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proc Natl Acad Sci U S A* 70(12): 3321-3323. <https://doi.org/10.1073/pnas.70.12.3321>.
- Novaes, C. R. D. B., Mota, E. E. S., Oliveira, A. P., Melo, R. C., & Kuhlmann, M. (2018). Structure of the phenotypic variability of fruit and seed traits in natural populations of *Eugenia dysenterica* DC. (Myrtaceae). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(3), e-843. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018843>
- O'Hara, K., 2014. *Multitaged Silviculture: Managing Complex Forest Stand Structures*. Oxford, Oxford Academic. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198703068.001.0001>.
- Oksanen, F.J., *et al.* (2017) *Vegan: Community Ecology Package*. R package Version 2.4-3. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Pádua, J. A. R. de, 2015. *Diversidade e estrutura genética de populações naturais de Araucaria angustifolia (Araucariaceae) no estado de Minas Gerais*. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 127 p.
- Paludo, G. F.; Duarte, R. I.; Bernardi, A. P.; Mantovani, A.; Reis, M. S. D. (2016) The size of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze entering into reproductive stages as a basis for seed management projects. *Revista Arvore*, 40(4): 683–691 <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000400013>
- Patreze, C.M., Tsai, S.M., 2010. Intrapopulational genetic diversity of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze is different when assessed on the basis of chloroplast or nuclear markers. *Plant Syst Evol*, 284: 111–122. <https://doi.org/10.1007/s00606-009-0238-9>.
- Pinaya, J.L.D., Cruz, F.W., Ceccantini, G.C.T., *et al.*, 2019. Brazilian montane rainforest expansion induced by Heinrich Stadial 1 event. *Science Reports*, 9: 17912. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53036-1>.
- Pretzsch, H., 2009. *Forest dynamics, growth and yield*. Springer, München, 664 p.
- Pritchard, J.K., Stephens, M., Donnelly, P., 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155(2): 945–959. <https://doi.org/10.1093/genetics/155.2.945>.
- Pujol, B., Wilson, A. J., Ross, R. I. C., & Pannell, J. R. (2008). Are QST–FST comparisons for natural populations meaningful? *Molecular Ecology*, 17(22), 4782–4785. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2008.03958.x>
- Reitz, R., Klein, R.M., 1966. *Araucariceae*. Flora ilustrada Catarinense. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, Santa Catarina, Brazil.

Reitz, R., Klein, R.M., Reis, A., 1978. *Projeto Madeira de Santa Catarina*. Sellowia, p. 28-30, 320 p.

Reitz, R., Klein, R.M., 1966. *Araucariceae*. Flora ilustrada Catarinense. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, Santa Catarina, Brazil.

Reitz, R., Klein, R.M., Reis, A., 1978. *Projeto Madeira de Santa Catarina*. Sellowia, p. 28-30, 320 p.

Resende, M.D.V., 2007. Selegen-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 359p.

<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/290975>

Resende, R.T., Silva, P.I.T., Silva-Junior, O.B., Freitas, M.L.M., Sebben, A.M., Sousa, V.A., Aguiar, A.V. de, Grattapaglia, D., 2021. Age trends in genetic parameters for growth performance across country-wide provenances of the iconic conifer tree *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze show strong prospects for systematic breeding and early selection. *Forest Ecology and Management* 501: 1191671. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119671>.

Ricken, P., Póvoa de Mattos, P., Muñoz Braz, E., Hess, A. F., Yoshihiro Nakajima, N., & Tuyoshi Hosokawa, R., 2022. Growth models for *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze in different ecological gradients in the state of Santa Catarina. *Floresta*, 52(4): 450–457. <https://doi.org/10.5380/rf.v52i4.71978>.

Rodrigues, F.M., Diniz-Filho, J.A.F., 1998. Hierarchical structure of genetic distances: Effects of matrix size, spatial distribution and correlation structure among gene frequencies. *Genetics and Molecular Biology* 21(2): 217–228. <https://doi.org/10.1590/S1415-47571998000200010>

Rodríguez-Zorro, P.A., Ledru, M.P., Favier, C., Bard, E., Bicudo, D.C., Garcia, M., Marquardt, G., Rostek, F., Sawakuchi, A.O., Simon, Q., Tachikawa, K., 2022. Alternate Atlantic Forest and climate phases during the early Pleistocene 41 kyr cycles in southeastern Brazil. *Quaternary Science Reviews* 286: 107560. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107560>.

Roderjan, C. V., Galvão, F., Kuniyoshi, Y. S., & Hatschback, G., 2002. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. *Ciência e Ambiente*: 24, 75-92. <https://cienciaeambiente.com.br/shared-files/2372/?075-092.pdf>

Roque, R.H., Sebben, A.M., Boshier, D.H., Filho, A.F., Tambarussi, E.V., 2023. Logging Affects Genetic Diversity Parameters in an *Araucaria angustifolia* Population: An Endangered Species in Southern Brazil. *Forests* 14: 1046. <https://doi.org/10.3390/f14051046>.

Sá, D. N. de, Nodari, E. S., Gerhardt, M., 2023. Colonização e transformação de paisagens na floresta com araucárias no século XX. *Estudos Históricos* 36(80): 1–22. <https://doi.org/10.1590/S2178-149420230309>.

Salloum, P. M., Lavery, S. D., de Villemereuil, P., & Santure, A. W. (2023). Local adaptation in shell shape traits of a brooding chiton with strong population genomic differentiation. *Evolution*, 77(1), 210–220. <https://doi.org/10.1093/evolut/qpac011>

Sandeville, E., 2010. A Dinâmica Natural das Florestas. *Paisagem E Ambiente* 27: 53-70.

<https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i27p53-70>

Sanson, I., Homczinski, I., Roque, R.H., Brobowski, R., Peres, F.S.B., Tambarussi, E.V. Molecular and quantitative genetic analysis of the neotropical tree *Jacaranda micrantha* Cham. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 48(2): 133-153. <https://doi.org/10.1590/01047760202430013353>.

Santos, G. N. dos, Higuchi, P., Silva, A. C., Farias, K. J., Machado, F. D., Duarte, E., Fernandes, C., Vieira, F., Amaral, R. S., Aguiar, V. de, Walter, F. F., Mores, B., & Reis, M. A. 2018. Regeneração Natural Em Uma Floresta Com Araucária: Inferências Sobre O Processo De Construção Da Comunidade De Espécies Arbóreas. *Ciência Florestal*, 28(2) : 483–494. <https://doi.org/10.5902/1980509832029>

Schmidt, A.B., Ciampi, A.Y., Guerra, M.P., Nodari, R.O., 2007. Isolation and characterization of microsatellite markers for *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). *Molecular Ecology Notes* 7(2): 340-342.

Schliep, K. P. (2011). phangorn: Phylogenetic analysis in R. *Bioinformatics*, 27(4), 592–593. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btq706>

Sebben, A.M., Pontinha, A.A.S., Freitas, S.A., Freitas, J.A., 2004. Variação genética em cinco procedências de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no sul do estado de São Paulo. *Revista do Instituto Florestal de São Paulo* 16(2): 91-99. <https://doi.org/10.24278/2178-5031.2004162458>

Shimizu, J.Y., Jaeger, P., Sopchaki, S.A., 2000. Variabilidade Genética em uma população remanescente de Araucárias no Parque Nacional do Iguaçu, Brasil. *Boletim de Pesquisa Florestal* 41: 18-36. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/280595>

Signor, P., Gomes, G.S., Watzlawick, L.F., 2015. Produção de erva-mate e conservação de Floresta com Araucária. *Pesquisa Florestal Brasileira* 35(83): 199–208. <https://doi.org/10.4336/2015.pfb.35.83.898>.

Sousa, V.A., 2001. Population genetic studies in *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze. Cuvillier Verlag, 161 p.

Sousa, V.A., Hattemer, H.H. 2003. Pollen dispersal and gene flow by pollen in *Araucaria angustifolia*. *Australian Journal of Botany* 51(3) 309 – 317. <https://doi.org/10.1071/BT02037>

Sousa, V.A., Reeves, P., Reille, A., Aguiar, A.V., Stefenon, V.M., Richard, C.M., 2020. Genetic diversity and biogeographic determinants of population structure in *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. *Conservation Genetics Springer* 21(3). <https://doi.org/10.1007/s10592-019-01242-9>

Sousa, A.F., Cortez, L.S.R., Longhi, S.J., 2021. Native forest management in subtropical South America: long-term effects of logging and multiple use on forest structure and diversity. *Biodiversity Conservation* 21: 1953-1969. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0287-1>

Souza, B.M. 2024. Genotype-by-environment interaction effects adaptation and stability

of *Khaya senegalensis* progenies in different climatic conditions of Brazil: migration and genomic association studies of fifteen *Araucaria angustifolia* populations. *Thesis (P.h.d)* State University of Sao Paulo- Faculty of Engineering 140p.

Stefenon, V.M., Gailing, O., Finkeldey, R., 2008. The role of gene flow in shaping genetic structures of the subtropical conifer species *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. *Plant Biology (Stuttg)* 10: 356–364. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2008.00048.x>

Stefenon, V.M., Klabunde, G., Lemos, R.P.M., Rogalski, M., Nodari, R.O., 2019. Phylogeography of plastid DNA sequences suggests post-glacial southward demographic expansion and the existence of several glacial refugia for *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. *Science Reports* 9: 27-52. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39308-w>

Stepka, T.F., 2012. *Modelagem do crescimento e dendrocronologia em árvores nativas de Araucaria angustifolia, Cedrela fissilis e Ocotea porosa no sul do Brasil*. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, 186 f.

Suzuki, R., & Shimodaira, H. (2006). Pvcust: an R package for assessing the uncertainty in hierarchical clustering. *Bioinformatics*, 22(12), 1540–1542. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btl117>

Torres-Florez, J.P., Johnson, W.E., Nery, M.F., et al., 2018. The coming of age of conservation genetics in Latin America: what has been achieved and what needs to be done. *Conservation Genetics* 19: 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10592-017-1006-y>.

Vencovsky, R., Chaves, L. J., & Crossa, J. (2012). Variance effective population size for dioecious species. *Crop Science*, 52(1), 79–85. <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.07.0360>

Wendling, I., Zanette, F., 2017. *Araucária: particularidades, propagação e manejo de plantios*. Embrapa, Brasília, 159 p. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1070994>

Wickham H., 2016. Ggplot2: Elegant graphics for data analysis. 2nd ed. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. 260 p. ([Use R!](#))

Wimmer, R. Wood anatomical features in tree-rings as indicators of environmental change. *Dendrochronologia* 20: 21-36 <https://doi.org/1125-7865/02/20/1-2-21>

Worbes, M., 2002. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronologia* 20(1–2): 217–231. <https://doi.org/10.1078/1125-7865-00018>.

Wrege, M.S., Sousa, V.A., Fritzsons, E., Soares, M.T.S., Aguiar, A.V., 2016. Predicting current and future geographical distribution of *Araucaria* niche modeling. *Environmental and Ecology Research* 4: 269-279. <https://doi.org/10.13189/eer.2016.040506>

Wrege, M.S., Fritzsons, E., Soares, M.T.S., Bognola, I.A., Sousa, V.A., Sousa, L.P., Gomes, J.B.V., Aguiar, A.V., Gomes, G.C., Matos, M.F., Scarante, A.G., Ferrer, R.S., 2017a. Distribuição natural e habitat de *Araucária* frente às mudanças climáticas globais. *Pesquisa Florestal Brasileira* 37(91): 331-346. <https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.91.1413>

Wrege, M.S., Garrastazu, M.C., Fritzsons, E., Sousa, V.A., Aguiar, A.V., 2017b. Plant vegetation types in the state of Paraná and the new scenarios defined by global climate change. *Ambiência* 13(3): 600-615. <https://dx.doi.org/10.5935/ambiencia.2017b.03.05>.

Wright S, 1943. Isolation by distance. *Genetics* 28: 114–138. <https://doi.org/10.1093/genetics/28.2.114>

Wood, Z. T., Wiegardt, A. K., Barton, K. L., Clark, J. D., Homola, J. J., Olsen, B. J., King, B. L., Kovach, A. I., & Kinnison, M. T. (2021). Meta-analysis: Congruence of genomic and phenotypic differentiation across diverse natural study systems. *Evolutionary Applications*, 14(10), 2448–2464. <https://doi.org/10.1111/eva.13264>

Zanon, M. L. B.; Finger, C. A. G. (2010) Relationship of meteorological variables with the growth of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze trees in planted stands. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 20(3): 467–476. ISSN 0103-9954

Zechini, A.A., Schussler, G., Silva, J.Z., Mattos, A.G., Peroni, N., Montocani, A., Reis, M.S., 2012. Produção, comercialização e identificação de variedades de pinhão no entorno da Floresta Nacional de Três Barras-SC. *Biodiversidade Brasileira* 2(2): 74-82. <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v2i2.275>