

Colombo, PR / Março, 2025

Escolha de áreas para a prospecção de populações naturais visando à conservação genética de araucária

Elenice Fritzsons⁽¹⁾, Ananda Virginia de Aguiar⁽¹⁾, Marcos Silveira Wrege⁽¹⁾, Valderês Aparecida de Sousa⁽¹⁾, Itamar Bognola⁽¹⁾, Márcia Toffani Simão Soares⁽¹⁾



⁽¹⁾ Pesquisadores, Embrapa Florestas, Colombo, PR

Introdução

Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze, espécie típica do ecossistema da Floresta Ombrófila Mista, ocorre nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, sobre distintos substratos geológicos, feições geomorfológicas e classes de solos. Sua ampla distribuição geográfica não está relacionada aos diferentes materiais de origem, o que é um indicativo de que o clima ou a interação entre o clima e os solos é que determina a sua ocorrência.

Nas amplas condições edafoclimáticas das áreas naturais existem diversas populações de araucária que desenvolveram características genéticas únicas, como resultado de processos naturais de seleção ao longo de milhares de anos de evolução. Neste sentido, estudos voltados à compreensão da diversidade genética da espécie têm evidenciado a diferenciação entre as populações de araucária, especialmente entre as localizadas nos estados das regiões Sul e Sudeste do Brasil (Stefenon et al., 2008a; Sousa et al., 2020; Silva et al., 2020). Essas características genéticas conferem vantagens adaptativas em condições ambientais específicas, com maior chance de sobrevivência e reprodução.

A identificação e o resgate de populações são muito importantes para a conservação da espécie,

especialmente em um período de alterações climáticas que certamente a afetam (Wrege et al., 2016a). Para a prospecção dessas populações, a identificação de distintas condições edafoclimáticas em sua área de ocorrência natural pode dar subsídios e facilitar esse processo, pois, a prospecção é onerosa e trabalhosa e, por isso, poucas espécies nativas têm suas populações mapeadas.

Além disso, pesquisas já realizadas que investigaram a distribuição geográfica e a variabilidade genética da araucária forneceram dados relevantes sobre o seu nicho ecológico (Sousa et al., 2012, 2020, 2021), tendo sido fundamentais para a conservação não apenas da espécie, mas de seu ecossistema.

A presença de solos férteis não é condição necessária para a ocorrência natural da araucária. Porém, isso não significa que a espécie não responda bem a esses solos. O clima, entretanto, constitui um fator restritivo e limitante à sua distribuição natural (Puchalski et al., 2006). Para a ocorrência natural da araucária há limites climáticos bem definidos, referentes à temperatura, pluviometria, evapotranspiração, frequência de geadas, insolação e umidade do ar (Fritzsons et al., 2017, 2018a, 2018b, 2018c).

Assim, este comunicado apresenta a metodologia utilizada para classificar, em grupos, as diferentes condições edafoclimáticas das regiões onde as araucárias ocorrem naturalmente e, com isso, fornecer subsídios para uma prospecção orientada de populações dessa espécie. Trabalhos semelhantes a este podem ser vistos em: Iriarte e Behling (2007), Iob et al. (2008), Stefenon et al. (2008b, 2019), Wrege et al. (2009, 2016a, 2016b, 2017), Sant'Anna et al. (2013), Kuhn et al. (2014), Mahony et al. (2020), Silva et al. (2020), Sousa et al. (2020).

Coleta das amostras e caracterização climática

Para realizar este trabalho foram utilizadas as informações coletadas in loco, de solos e clima,

de diferentes regiões de ocorrência natural da araucária. As coletas de solos foram efetuadas nos seguintes locais: Machadinho (RS), Mato Castelhano (RS), Quatro Barras (PR), São Francisco de Paula (RS), Pelotas (RS), Canguçu (RS), Bocaina de Minas (MG) e Itamonte (MG). Esses locais foram escolhidos por serem representativos de ocorrência natural da espécie no norte e no extremo sul da zona de distribuição da espécie (Figura 1).

Análise de dados

As variáveis utilizadas para o fator solo foram: pH em CaCl_2 , C (carbono), H + Al (hidrogênio mais alumínio), Ca^{+2} (cálcio), Mg^{+2} (magnésio), K (potássio), SB (soma de bases), CTCe (capacidade de troca de cátions efetiva), CTC a pH7 (capacidade

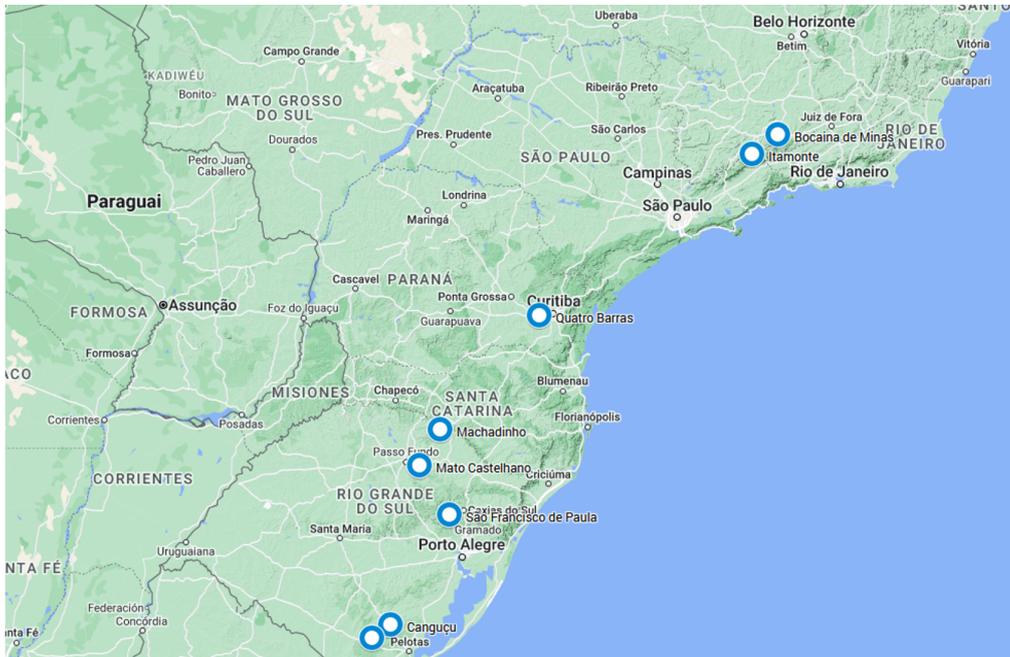


Figura 1. Localização dos pontos de coleta de solos e das informações de clima.

de troca de cátions a pH 7), V (porcentagem de saturação por bases), N (nitrogênio), C/N (relação carbono/nitrogênio), m (porcentagem de saturação por alumínio) e P (fósforo).

Para o clima, as variáveis utilizadas foram: temperaturas (média anual, média das máximas de verão, média das mínimas de inverno); variação entre a média das temperaturas mínimas anuais e das temperaturas máximas anuais e as precipitações pluviométricas médias dos acumulados anuais, de outono, de inverno e de verão. Todos os dados climáticos foram extraídos de locais próximos aos pontos de coleta dos solos e as informações vieram da Climate Data (2024).

Para analisar as inter-relações entre as variáveis de solo e clima, foi utilizada a Análise de Componentes Principais (ACP) e, a partir desta, empregando-se apenas as variáveis mais representativas, foi realizada a análise de agrupamento. Para isso, foram utilizados valores médios das variáveis e aplicado o método de agrupamento Ward's, com as informações da distância Euclidiana.

Formação dos grupos edafoclimáticas

O gráfico "Distância Média de Aglomeração" (Figura 2) orientou o corte para a formação dos grupos (distância seis) no dendrograma de agrupamentos (Figura 3).

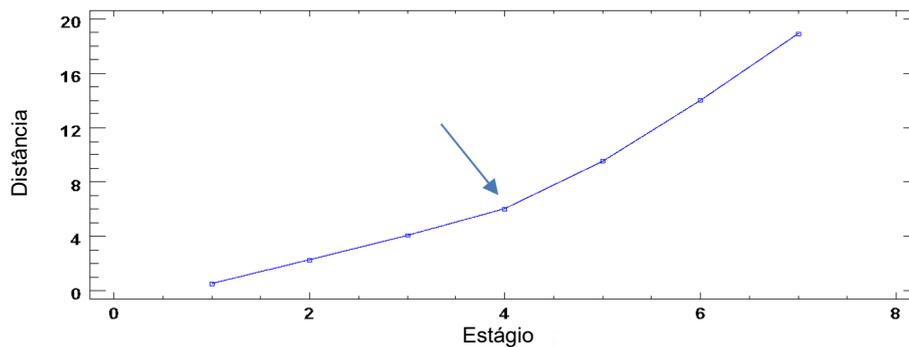


Figura 2. Distância média de aglomeração indicando o ponto de inflexão.

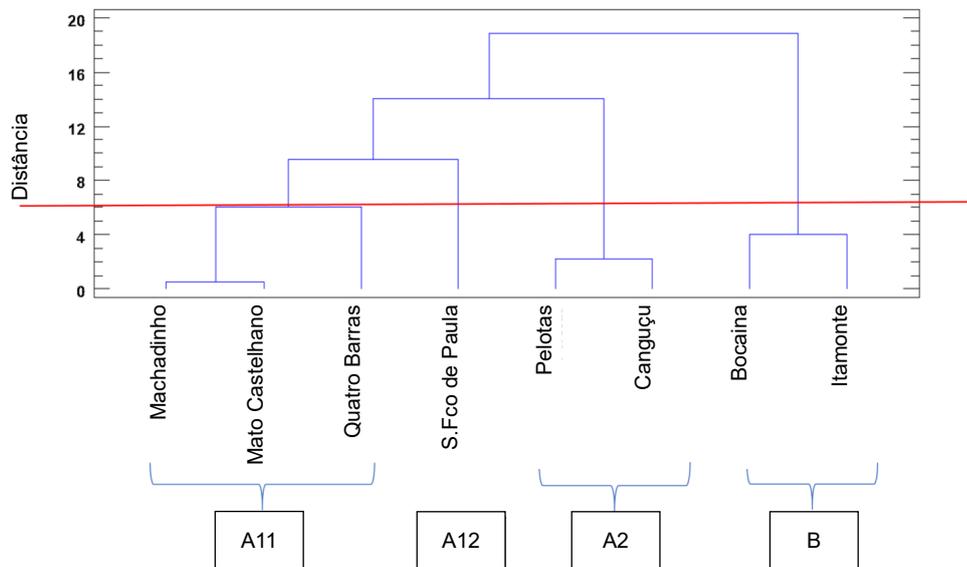


Figura 3. Gráfico resultante da análise de agrupamentos com variáveis de solos e de clima.

A coerência geográfica do agrupamento indica a importância do clima na separação dos grupos. Foram formados dois grandes grupos: A e B. Todo o grupo A (A11, A12 e A2) está localizado na região Sul do Brasil, enquanto o grupo B localiza-se na região Sudeste (Serra da Mantiqueira e Serra da Bocaina), ou seja, em latitudes bem diferentes daquelas do grupo A. O grupo A é subdividido em: A11 (Planalto do Rio Grande do Sul e Primeiro Planalto do Paraná); A12 (Planalto Meridional) e A2 (Sul do Rio Grande do Sul), representado por Pelotas (Encosta do Sudeste) e Canguçu (Serra do Sudoeste - Escudo Riograndense).

Observa-se que o Grupo B (Bocaina de Minas e Itamonte) pertence ao clima Cwb (Clima subtropical de altitude), caracterizado como inverno seco e verão fresco, clima dos locais de altitudes mais elevadas nas serras da Mantiqueira e Bocaina, nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Como esses dois locais são similares, pode ser escolhido um ou outro para realizar as amostragens das matrizes para prospecção genética. Porém, pode

ser pertinente observar o grau de conservação das florestas para fazer a opção.

Os grupos A11 e A2 pertencem ao clima Cfb e Cfa, enquanto o grupo A12 pertence ao Cfb. Assim, as áreas de planalto (A11, A12) se separaram das outras áreas no Sul (A2). Observa-se que São Francisco de Paula, pertencente ao subgrupo A12, se isolou dos demais, o que era esperado, pois é o local mais frio dentre as localidades avaliadas nesse trabalho.

Chama atenção o subgrupo A11, que inclui Machadinho, Mato Castelhana e Quatro Barras, pois, embora os dois primeiros estejam localizados no Planalto Meridional do Rio Grande do Sul e o terceiro no Primeiro Planalto do Paraná, eles apresentaram similaridade edafoclimática para serem agrupados.

Pelotas e Canguçu são locais próximos geograficamente e pertencem ao grupo A2. De acordo com esta análise, para fins de prospecção das populações e conservação *ex situ* das coleções ativas de germoplasma de araucária, pode-se optar por um ou outro local para fazer as prospecções.

Considerações finais

Para dar sequência a essa pesquisa, pode-se complementar a investigação reunindo informações sobre outros locais, especialmente na zona intermediária entre o norte e o sul da área de distribuição: Santa Catarina, Paraná e São Paulo e refazer os agrupamentos.

Devido às peculiaridades edafoclimáticas, São Francisco de Paula seria um local indicado para iniciar os estudos sobre as populações naturais, uma vez que não se tem notícia de estudos genéticos populacionais conduzidos para essas populações. Além disso, elas devem, potencialmente, apresentar características distintas das demais na região Sul do Brasil, com potencial de adaptação ecológica e genética diferenciada em relação às demais já estudadas.

Esse método pode ser aplicado para diferentes espécies florestais nativas, que apresentam ampla distribuição geográfica, para subsidiar a orientação da prospecção genética e elencar locais para a conservação *in situ* e *ex situ*.

Este trabalho apresenta alinhamento às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Agenda 2030 das Nações Unidas (ONU). A metodologia proposta indica uma base para prospecção de populações de árvores e o uso eficiente dos recursos naturais (ODS 12), está voltada à tomada de medidas para adaptação às mudanças climáticas (ODS 13) e, especialmente, por promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres e deter a perda de biodiversidade (ODS 15).

Referências

- CLIMATE DATA. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/search/>. Acesso em: 31 jul. 2024
- FRITZSONS, E.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. A distribuição natural do pinheiro do paraná no estado do Rio Grande do Sul, Brasil: a influência de fatores climáticos e geomorfológicos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 117-132, 2018a. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v22i0.51315>.
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E. WREGE, M. S. A distribui o de *A. angustifolia* no estado do Paraná (Brasil): fatores climáticos limitantes. **Raega: O Espaço Geográfico em Análise**, v. 44, p. 258-271, 2018b. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v44i0.50259>.
- FRITZSONS, E.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Climatic aspects related to the distribution of brazilian pine in the state of Santa Catarina. **Floresta**, v. 48, n. 4, p. 503-512, 2018c. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v48i4.53272>.
- FRITZSONS, E.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Fatores climáticos limitantes para a distribui o da araucária no estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 116, p. 663-672, 2017.
- IOB, G.; VIEIRA, E. M. Seed predation of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) in the Brazilian Araucaria Forest: influence of deposition site and comparative role of small and 'large' mammals. **Plant Ecology**, v. 198, p. 185-196, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11258-007-9394-6>
- IRIARTE, J.; BEHLING, H. The expansion of Araucaria forest in the southern Brazilian highlands during the last 4000 years and its implications for the development of the Taquara/Itarar  Tradition. **Environmental Archaeology**, v. 12, n. 2, p. 115-127, 2007.
- KUHN, S. A.; ARAUJO MARIATH, J. E. de; Reproductive biology of the "Brazilian pine" (*Araucaria angustifolia*–Araucariaceae): development of microspores and microgametophytes. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 209, n. 5-6, p. 290-298, 2014.
- MAHONY, C. R.; MACLACHLAN, I. R.; LIND, B. M.; YODER, J. B.; WANG, T.; AITKEN, S. N. Evaluating genomic data for management of local adaptation in a changing climate: a lodge pole pine case study. **Evolutionary Applications**, v. 13, n. 1, p. 116-131, 2020.
- PUCHALSKI, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M. S. dos. Varia es em popula es naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze, associada a condi es edafoclimáticas. **Scientia Florestalis**, v. 70, p.137-148, 2006.
- SANT'ANNA, C. S.; SEBBENN, A. M.; KLABUNDE, G. H. F.; BITTENCOURT, R.; NODARI, R. O.; MANTOVANI, A.; REIS, M. S. dos. Realized pollen and seed dispersal within a continuous population of the dioecious coniferous Brazilian pine [*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze]. **Conservation Genetics**, v. 14, p. 601-613, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10592-013-0451-5>
- SILVA, P. I. T.; SILVA-JUNIOR, O. B.; RESENDE, L. V.; SOUSA, V. A.; AGUIAR, A. V.; GRATAPALIA, D. A 3K Axiom SNP array from a transcriptome-wide SNP resource sheds new light on the genetic diversity and structure of the iconic subtropical conifer tree *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze. **PLoS One**, v. 15, n. 8, 2020.
- SOUSA, V. A.; FRITZSONS, E.; PINTO-JÚNIOR, J. E.; AGUIAR, A. V. **Araucária**: pesquisa e desenvolvimento no Brasil. Brasília, DF: 2021. 360 p.
- SOUSA, V. A. de; REEVES, P. A.; REILLEY, A.; AGUIAR, A. V. de; STEFENON, V. M., RICHARDS, C. M. Genetic diversity and biogeographic determinants of population structure in *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Conservation Genetics**, v. 21, n. 3, p. 217-229, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10592-019-01242-9>.

SOUSA, V. A. de; AGUIAR, A. V. de. **Programa de melhoramento genético de araucária da Embrapa Florestas**: situação atual e perspectivas. Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 17 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 237). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/67269/1/Doc.-237.pdf>.

STEFENON, V. M.; KLABUNDE, G.; LEMOS, R. P. M.; ROGALSKI, M.; NODARI, R. O. Phylogeography of plastid DNA sequences suggests post-glacial southward demographic expansion and the existence of several glacial refugia for *Araucaria angustifolia*. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, 2752, 2019.

STEFENON, V. M.; GAILING, O.; FINKELDEY, R. Genetic structure of plantations and the conservation of genetic resources of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*). **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 7, p. 2718-2725, 2008a.

STEFENON, V. M.; GAILING, O.; FINKELDEY, R. The role of gene flow in shaping genetic structures of the subtropical conifer species *Araucaria angustifolia*. **Plant Biology**, v. 10, p. 356-364, 2008b.

WREGE, M. S.; HIGA, R. C. V.; BRITZ, R. M.; GARRASTAZU, M. C.; DE SOUSA, V. A.; CARAMORI, P. H.; BRAGA, H. J. Climate change and conservation of *Araucaria angustifolia* in Brazil. **Unasylla**, v. 60, p. 30-33, 2009.

WREGE, M. S.; SOUSA, V. A. de; FRITZSONS, E.; SOARES, M. T. S.; AGUIAR, A. V. de. Predicting current and future geographical distribution of *A. angustifolia* niche modeling. **Environmental and Ecology Research**, v. 4, p. 269-279, 2016a. DOI: <https://doi.org/10.13189/eer.2016.040506>

WREGE, M. S.; FRITZSONS, E.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; RADIN, B.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C. Regiões com similaridade de comportamento hídrico no Sul do Brasil. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 38, p. 365-384, 2016b.

WREGE, M. S.; FRITZSONS, E.; SOARES, M. T. S.; BOGNOLA, I. A.; SOUSA, V. A. de; SOUSA, L. P. de; FERRER, R. S. Distribuição natural e habitat da araucária frente às mudanças climáticas globais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 91, p. 331-346, 2017.

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba
Caixa Postal 319
83411-000 Colombo, PR
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Patrícia Póvoa de Mattos*

Vice-presidente: *José Elidney Pinto Júnior*

Secretária-executiva: *Elisabete Marques Oaida*

Membros: *Annete Bonnet, Cristiane Aparecida Fioravante Reis, Elenice Fritzsons, Guilherme Schnell e Schühli, Marilice Cordeiro Garrastazú, Sandra Bos Mikich, Susete do Rocio Chiarello Penteado e Valderês Aparecida de Sousa*

Comunicado Técnico 511

ISSN 1517-5030 / e-ISSN 1980-3982
Março, 2025

Edição executiva e revisão de texto: *José Elidney Pinto Júnior*

Normalização bibliográfica: *Francisca Rasche* (CRB-9/1204)

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Celso Alexandre de O. Eduardo*

Publicação digital: PDF



Ministério da
Agricultura e Pecuária

Todos os direitos reservados à Embrapa.