

A distribuição natural do pinheiro-do-Paraná no Sul e Sudeste do Brasil: a influência de fatores climáticos



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos306

A distribuição natural do pinheiro-dó-paraná no Sul e Sudeste do Brasil: a influência de fatores climáticos

*Elenice Fritzsons
Marcos Silveira Wrege*

Embrapa Florestas
Colombo, PR
2017

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, CP 319
CEP 83411-000 - Colombo, PR, Brasil
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: *Neide Makiko Furukawa*

Membros: *Álvaro Figueredo dos Santos, Gizelda Maia Rego, Guilherme Schnell e Schühli, Ivar Wendling, Luis Cláudio Maranhão Froufe, Maria Izabel Radomski, Marilíce Cordeiro Garrastazu, Valderês Aparecida de Sousa*

Supervisão editorial: *José Elidney Pinto Júnior*

Revisão de texto: *José Elidney Pinto Júnior*

Normalização bibliográfica: *Francisca Rasche*

Diagramação: *Neide Makiko Furukawa*

Foto capa: *Gustavo Crizel Gomes*

1ª edição

versão digital (2017)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

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

Fritzsons, Elenice.

A distribuição natural do pinheiro-do-paraná no Sul e Sudeste do Brasil: a influência de fatores climáticos. [recurso eletrônico] / Elenice Fritzsons, Marcos Silveira Wrege. - Dados eletrônicos. - Colombo : Embrapa Florestas, 2017.

29 p. : il. color. (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958; 306).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>>

Título da página da web (acesso em 29 set. 2017).

1. *Araucaria angustifolia*. 2. Distribuição geográfica. 3. Clima. I. Wrege, Marcos Silveira. II. Título. III. Série.

CDD 634.9751(21. ed.)

Autores

Elenice Fritzsons

Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia Florestal,
pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Marcos Silveira Wrege

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia,
pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Apresentação

A araucaria [*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze 1898] é uma espécie florestal representativa da região Sul do Brasil e promissora em termos silviculturais, pois agrega capacidade produtiva de madeira com produção de alimentos. A sua intensa exploração reduziu a variabilidade genética e elevou o risco de extinção de suas populações.

Devido à importância da espécie e ao risco de extinção, foi desenvolvido o Projeto Araucamate na Embrapa Florestas, iniciado em 2015 e com finalização prevista para 2018, cujo objetivo principal é o de “determinar os nichos ecológicos das populações de araucária e erva-mate, caracterizadas geneticamente, com base nas condições edafoclimáticas atuais e as alterações nas zonas de ocorrência, com base em cenários climáticos futuros”.

Neste sentido, este trabalho apresenta o estado da arte das atividades que visam estabelecer áreas prioritárias para a preservação das populações de araucária nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e, para isto, os aspectos climáticos mais fortemente relacionados à presença da espécie nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul foram discriminados por meio de análises estatísticas uni e multivariadas e os resultados parciais estão aqui apresentados. Análises genéticas de populações, análises pedológicas e estrutura etária dos indivíduos amostrados serão ainda correlacionadas às informações aqui apresentadas, corroborando com os resultados baseados nas variáveis climáticas.

As informações obtidas neste trabalho permitem definir áreas distintas de conservação in situ em cada estado e podem auxiliar na elaboração de programas de conservação e melhoramento genético da araucária, considerando também as mudanças climáticas futuras.

Sergio Gaia

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Sumário

Introdução	9
Desenvolvimento	11
Material e métodos	11
Resultados e discussão	17
Considerações finais	27
Referências	27

A distribuição natural do pinheiro-do-paraná no Sul e Sudeste do Brasil: a influência de fatores climáticos

Elenice Fritzsons
Marcos Silveira Wrege

Introdução

A Floresta Ombrófila Mista (FOM), ou Floresta com Araucaria, é caracterizada pela presença de *Araucaria angustifolia* (Bertol.). Kuntze que, por sua abundância, porte e copas corimbiformes, imprime o aspecto fitofisionômico próprio, sendo considerada uma formação típica do sul do país (VELOSO et al., 1991). A espécie é exclusiva da FOM, do bioma Mata Atlântica nas formações aluviais (galeria), Submontana, Montana e Alto Montana, podendo atingir mais de 50 m de altura e 250 cm de DAP (IBGE, 1992).

Até o início do século 20, as Florestas com Araucária compunham cerca de 35% da cobertura vegetal dos estados sulinos (GUERRA et al., 2002) e se estendiam pelo Paraná (40%), Santa Catarina (31%) e Rio Grande do Sul (25%), sendo que, a partir do sul de São Paulo para o norte, ocorria de forma fragmentada, presente em refúgios nas altitudes elevadas da Serra do Mar e da Mantiqueira, no planalto sudeste de São Paulo, sul de Minas Gerais, regiões serranas do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Apesar de sua ampla distribuição geográfica,

que ocorre entre as latitudes 19°15'S (Conselheiro Pena, MG) a 31°39'S (Canguçu, RS) e longitudes de 41°30' a 54°30'W e em altitudes que variam de 500 m a 2.300 m, restaram apenas manchas esparsas e isoladas da espécie, o que levou a quase extinção das florestas primárias da FOM (CARVALHO, 1994).

O avanço da fronteira agrícola e a urbanização, associadas ao elevado valor comercial da madeira da araucária, levou-a a exploração indiscriminada, com forte redução da área original. Estima-se que os remanescentes da Floresta Ombrófila Mista não perfazem mais que 0,7% da sua área original, no território brasileiro (MEDEIROS et al., 2005). Devido à redução em área de, pelo menos, 80% em 80 anos, a araucária é considerada ameaçada de extinção na categoria "criticamente em perigo" (CR). Entretanto, no Livro vermelho da flora do Brasil (MARTINELLI; MORAES, 2013), ela está classificada como "em perigo" (EN) e não criticamente em perigo, por estar representada em diversas unidades de conservação (UC) de proteção integral e ser uma espécie com alto potencial de cultivo.

A Floresta Ombrófila Mista é uma das formações florestais mais sensíveis às variações climáticas. Devido a essa característica é possível correlacionar sua presença a determinados paleoambientes (JOLY, 1998; KLEIN 1975; LORENZI, 2002). A distribuição disjunta das florestas em locais de maiores altitudes ou mais frias é evidência de uma distribuição mais ampla no passado e posterior regressão desta fisionomia sob o clima atual (ARZOLLA et al., 2014).

Nos dias atuais, o aquecimento global torna-se uma nova ameaça, pois a araucária está adaptada às regiões mais frias, de clima mais ameno, e as populações estabelecidas em locais limítrofes de temperatura poderão ser prejudicadas (WREGGE et al., 2016), observadas as outras condições edafoclimáticas limitantes. Da forma que ocorre para as espécies de ciclo de vida longo, entre as quais as florestais, o processo de adaptação deverá ser mais lento que a evolução das mudanças climáticas (HAMRICK, 2004), a maioria dos efeitos negativos causados pelo declínio e fragmentação das populações de *A. angustifolia* serão evidentes apenas após algumas gerações (WREGGE et al., 2016).

A compreensão dos aspectos climáticos, nos quais a araucária se estabelece atualmente e onde é propício o seu desenvolvimento, pode ajudar na elaboração de estratégias que visem à conservação da espécie e da floresta com araucária e ao seu melhoramento para fins florestais, bem como seu manejo no presente e no futuro.

Assim, o objetivo deste trabalho é identificar quais aspectos climáticos estão relacionados à presença natural de *A. angustifolia* nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo e verificar as diferenças climáticas entre as áreas onde a araucária ocorre atualmente e, com isso, fornecer subsídios tanto ao melhoramento genético e reconhecimento de biotipos, quanto ao estabelecimento das áreas para a conservação *in situ* nestes locais.

Desenvolvimento

Material e métodos

Foram reunidos os dados climáticos das estações meteorológicas dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e, em cada um deles, foram separados os locais onde não ocorre a araucária nativa e locais onde a mesma ocorre. Para saber se a região era nativa de araucária, foram consultadas literaturas científicas gerais e específica de cada estado e mapas de vegetação. Como suporte, em caso de dúvida e em áreas limítrofes, também foram utilizadas as imagens mais recentes de cada local do Google Earth, tendo como ponto focal cada estação meteorológica, verificadas pelas coordenadas geográficas e ao redor de cerca de 5.000 metros do mesmo.

Os números de pontos amostrados e os dados climáticos analisados foram diferentes para cada estado e isto ocorreu em função da disponibilidade dos dados, uma vez que nem todos os estados tem a mesma quantidade de estações meteorológicas e nem todas as estações medem os mesmos parâmetros climáticos (Tabela 1). Por

este motivo, optou-se por trabalhar com o máximo de variáveis climáticas existentes no estado e, assim, cada estado foi tratado de forma individualizada, optando-se por um maior detalhamento, quando houvesse esta possibilidade.

Tabela 1: Número de pontos amostrados e as variáveis utilizadas para separar as áreas com e sem araucária.

Estados	Número de pontos amostrados	Variáveis utilizadas para separar as áreas com e sem araucária
São Paulo	13 locais* com araucária e 624 sem araucária	Temperatura média mensal e precipitação média mensal para as quatro estações do ano.
Paraná	18 locais* com araucária e 23 sem araucária	Média da temperatura mínima absoluta, média da temperatura máxima absoluta, média das temperatura máximas anuais (TMMA), média das temperatura mínimas anuais (TMMI), média das temperatura médias anuais (TMME), temperatura média anual de janeiro (TMJA), temperatura média anual de julho (TMJU), umidade relativa (UR%), precipitação média anual (mm), precipitação de inverno (mm), precipitação de verão (mm), diferença entre precipitação e evaporação (mm), altitude (m) e insolação (horas).
Santa Catarina	Para precipitação, disponibilidade hídrica e altitude, foram amostrados 58 locais com araucária e 58 sem araucária; para insolação 17 locais com araucária e 13 sem araucária; para temperatura 18 locais sem araucária e 24 com araucária.	Temperatura médias anuais, temperatura média anual de verão (média dos meses de janeiro, fevereiro e março), temperatura média anual de inverno (junho, julho, agosto), precipitação média anual (mm), precipitação total de inverno (mm), precipitação total de verão (mm), diferença entre precipitação e evapotranspiração (mm) anual, de verão e de inverno, altitude (m) e insolação (horas).
Rio Grande do Sul	24 locais onde não há presença de araucária e 35 locais com araucária.	Temperatura média, médias das temperatura mínimas, média das temperatura mínimas absolutas, das temperatura máximas, das temperatura máximas absolutas e da evapotranspiração potencial (mm) para as quatro estações do ano e anual para cada ponto de ocorrência de araucária.

Nota: * estações meteorológicas

Os dados utilizados foram provenientes da rede de estações meteorológicas do Sul do Brasil, os quais foram analisados, completados e corrigidos por Wrege et al. (2011). No caso do estado do Rio Grande do Sul, os dados das temperaturas e os riscos de geadas foram estimados, para cada ponto de ocorrência de araucária, usando regressões lineares múltiplas, e as demais variáveis foram obtidas por meio de sistemas geográficos de informações (SGI) (ArcGIS 10.1), extraindo-se os valores pela sobreposição dos mapas de ocorrência da espécie com os mapas das variáveis climáticas. Para cada coordenada geográfica, também utilizando SGI, foram obtidos os valores de altitude do modelo numérico do terreno do GTOPO30, desenvolvido pelo United States Geological Survey (USGS)(GEOLOGICAL SURVEY, 1999).

Depois de obtidos, os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e foram feitas análises estatísticas para:

1. Verificar diferenças climáticas e de altitude existentes entre as áreas com e sem araucária, em cada estado, por meio do teste T (teste de hipótese ou de Student).
2. Agrupar as áreas similares com araucária por meio da análise de agrupamento, utilizando as variáveis climáticas.
3. Localizar espacialmente os grupos em cada estado, em ambiente de SGI.
4. Identificar as características climáticas que diferenciam os grupos com araucária, em cada estado.

Assim, os dados foram submetidos primeiramente ao teste t (teste de hipótese) e também ao teste de Mann Whitney (teste de medianas), para avaliar quais as variáveis climáticas poderiam ser significativamente diferentes entre os grupos de locais, com e sem araucária.

Com os dados climáticos dos locais onde a araucária ocorre naturalmente, foi feita a análise de agrupamento utilizando as variáveis climáticas específicas de cada estado (Tabela 2). De acordo com Mallo (1985), a Análise de Cluster (agrupamento) tem por objetivo agrupar

indivíduos em um número restrito de grupos ou classes homogêneas. Com o resultado da análise de agrupamento, foram subdivididos os locais onde havia a presença natural de araucária.

Tabela 2. Características climáticas e de altitude das áreas com e sem araucária.

Estado	Variáveis	Teste t	Valor P	Valor médio	Valor médio
				GSA **	GCA ***
São Paulo	Altitude (m)	-6,52281	6,934E-11 *	554,00	902,0
	Temp. primavera (°C)	6,8168	9,360E-12 *	22,80	19,8
	Temp. verão (°C)	6,9731	3,118E-12 *	24,50	22,1
	Temp. outono (°C)	11,0397	0,0 *	23,50	19,5
	Temp. inverno (°C)	7,0529	1,763E-12 *	19,20	16,2
	Precip. total primavera (mm)	-1,3669	0,171	336,00	361,0
	Precip. total verão (mm)	-0,77759	0,050	636,00	655,0
	Precip. total outono (mm)	-0,0611	0,912	306,00	308,0
	Precip. total inverno (mm)	-1,8907	0,058	114,00	143,0
Paraná	Altitude (m)	5,089	0,000 *	512,00	824,0
	Temp. máx abs. (°C)	-8,626	-4,43E-10 *	39,80	36,4
	Temp. min. Abs. (°C)	-3,048	0,004 *	-3,51	-5,3
	Média temp. maxs (°C)	-9,637	2,97 E-11 *	27,61	24,2
	Média das temp. mín.s (°C)	-8,118	1,816 E-9 *	16,33	13,4
	Temp. média anual (°C)	-10,200	6,99 E-12 *	21,13	17,9
	Temp. média de julho (°C)	-8,889	2,171 E-10 *	16,74	13,6
	Temp. média janeiro (°C)	-8,769	3,008 E-10 *	24,40	21,6
	UR%	4,237	0,000 *	72,24	77,5
	Precip. total (mm)	1,763	0,087	1598,00	1734,0
	Precip. verão (mm)	-1,186	0,2435	540,00	525,0
	Precip. inverno (mm)	3,467	0,001 *	241,00	323,0
	Disp. hídrica (mm)	4,744	0,000 *	389,00	851,0
	Evapotranspiração (mm)	-4,360	0,000 *	1209,00	883,0
	Insolação (hs)	-2,256	0,03 *	2426,00	2202,0

Continua...

Tabela 2. Continuação...

Estado	Variáveis	Teste t	Valor P	Valor médio GSA **	Valor médio GCA ***
Santa Catarina	Altitude (m)	-17,6015	0,0*	176,00	895,0
	Temp. média anual (°C)	7,3806	4,81E-09*	19,69	16,5
	Temp. verão (°C)	6,178	7,42E-07*	23,50	20,4
	Temp. média inverno (°C)	7,754	1,45E-09*	15,40	12,5
	Temp. média julho (°C)	9,216	0,0*	14,90	11,9
	Temp. média janeiro (°C)	7,129	0,0*	24,00	21,0
	Precip. total anual (mm)	-2,524	0,0129*	1659,00	1767,0
	Precip. de verão (mm)	2,435	0,0164*	551,00	507,0
	Precip. de janeiro (mm)	-10,643	0,0*	314,00	407,0
	Disp. hídrica anual (mm)	-5,757	0,0*	746,00	975,0
	Disp. hídrica verão (mm)	-0,376	0,70752	201,00	208,0
	Disp. hídrica inverno (mm)	-11,750	0,0*	192,00	296,0
	Evapotransp. (mm)	11,410	0,0*	913,00	792,0
	Evapotransp. verão (mm)	11,846	0,0*	350,00	298,0
	Evapotransp. inverno (mm)	9,599	0,0*	123,00	110,0
	Insolação total anual (hs)	-1,550	0,13224	154,00	170,0
	Insolação verão (hs)	-0,188	0,07	167,00	186,0
	Insolação inverno (hs)	-0,333	0,7413	153,00	157,0
Rio Grande do Sul	Altitude (m)	7,676	2,37E-8*	414,00	690,0
	Temp. média anual (°C)	-6,386	3,09 E-7*	18,30	16,9
	Temp. máxima verão (°C)	-7,461	3,760 E-7*	28,60	27,0
	Temp. mín. inverno (°C)	-4,989	0,0000*	9,20	8,2
	Temp. mín. primavera (°C)	-5,562	0,0000*	13,20	11,9
	Temp. mín. outono (°C)	-6,166	4,27E-7*	13,80	12,9
	Temp. máx. outono (°C)	-5,753	5,916E-7*	24,20	22,9
	Temp. mín. abs. inverno (°C)	-6,520	3,3940E-7*	-6,70	-2,9
	Temp. máx. abs. verão (°C)	-7,103	3,955E-7*	35,00	33,8

Continua...

Tabela 2. Continuação...

Estado	Variáveis	Teste t	Valor P	Valor médio GSA **	Valor médio GCA ***
Rio Grande do Sul	Risco de geada (%)	5,320	0,0000*	0,59	0,72
	Precip. total anual (mm)	-1,012	0,3153	1775,00	1732,00
	Precip. de verão (mm)	1,902	0,062	432,00	450,00
	Precip. de inverno (mm)	0,006	0,9946	432,00	432,00
	Disp. hídrica verão (mm)	5,406	0,0000*	75,00	128,00
	Disp. hídrica inverno (mm)	0,028	0,977	325,00	325,00
	Evapotransp. verão (mm)	-7,159	4,1912E-7*	357,00	322,00
	Evapotransp. inverno (mm)	-0,105	0,916	107,00	107,00
	Insolação verão (horas)	-5,239	0,000*	234,00	216,00
	Insolação inverno (horas)	-0,638	0,525	160,00	159,00
	Umidade relativa verão (%)	4,510	0,0000*	74,00	76,00
	Umidade relativa inverno (%)	-0,534	0,5953	79,00	79,00

Nota: * estatisticamente diferente ao nível de 5% de probabilidade, ** GSA significa grupo sem araucária; *** GCA significa grupo com araucária.

Depois de identificados os grupos, foi aplicado o teste t para o caso de dois grupos no estado. A Anova e o teste de Kruskal Wallis foram aplicados quando havia mais de dois grupos para verificar quais variáveis climáticas foram diferentes entre eles, o que foi visualizado na análise de comparações múltiplas (Teste de Fisher ou LSD) ou em gráficos de médias. Os testes de comparações múltiplas entre médias de tratamentos são de grande interesse na pesquisa aplicada, quando o objetivo é comparar tratamentos qualitativos. A utilização do teste é realizada quando a análise de variância detecta a existência de efeito significativo dos tratamentos a um determinado nível de significância, de modo que se decide rejeitar a hipótese de nulidade (pelo menos um contraste ortogonal entre tratamentos diferentes de zero).

Resultados e discussão

O resultado do teste t e valor p e os valores médios de características climáticas e de altitude das áreas com e sem araucária evidenciaram que as áreas de araucária estão sempre em áreas de altitudes maiores e apresentam sempre temperaturas menores, para todas as modalidades de temperatura avaliadas (verão, outono, inverno, primavera, de julho e janeiro, média anual, temp. mínima absoluta, temp. máxima absoluta, temp. mínima de inverno e máxima de verão), comprovando o que tem sido registrado na literatura.

A precipitação é variável. Para São Paulo e Rio Grande do Sul, não há diferença entre as precipitações das áreas com e sem araucária, entretanto, para o Paraná, ela é maior no inverno, nas áreas com araucária. Para Santa Catarina, a precipitação pluviométrica acumulada do ano foi maior para as áreas com araucária, mas a de verão foi menor para essas mesmas áreas.

No Paraná, a disponibilidade hídrica anual é maior para as áreas com araucária e o mesmo ocorre em Santa Catarina, com relação a anual e a de inverno. Para o Rio Grande do Sul, a disponibilidade hídrica de verão é maior para as áreas com araucária (Tabela 2).

Com as informações dos locais onde há a presença da araucária, foi feita a análise de agrupamento utilizando as variáveis climáticas específicas de cada estado (Tabela 3). As características comuns às áreas onde as araucárias ocorrem nos quatro estados são: altitudes maiores e temperaturas menores. As menores temperaturas estão associadas também ao risco de ocorrência de geadas. Esta informação está de acordo com Klein (1960); Puchalski et al. (2006) afirmam que a araucária se distribui em amplas condições de ambientes, ocorrendo em variadas condições geológicas, pedológicas, geomorfológicas e climáticas, mas que sua presença é definida pelas condições climáticas, estando adaptada às regiões de menores temperaturas e com ocorrência de geadas. Essa ocorrência é muito influenciada pelas condições de relevo local, sendo favorecidos os compartimentos

Tabela 3. Características das áreas com araucária em relação às áreas sem araucária e características climáticas diferentes entre os grupos para cada estado.

Estado	Características das áreas com araucária em relação às áreas sem araucária	Altitude	Nº de grupos	Localização	Características diferentes entre os grupos
São Paulo	- Altitude média maior. - Temperaturas menores de todas as estações. - Precipitação maior no inverno. Sem diferença na precipitação da primavera, outono e verão.	Acima de 700 m	2	- 1 grupo que predomina ao norte da cidade de São Paulo. - 1 grupo ao sul da cidade de São Paulo.	- Ao norte a precipitação é maior na primavera e verão e ao sul a precipitação é maior no inverno.
Paraná	- Altitude média maior. - Temperaturas menores. - Umidade relativa maior. - Precipitação de inverno maior. - Disponibilidade hídrica maior com araucária. Sem diferença na precipitação total e na precipitação de verão	Acima de 500 m	4	- 1 grupo no sul do Paraná. - 1 grupo no Planalto Oriental. - 1 grupo no Centro Norte. - 1 grupo no sudoeste.	- Insolação. - Umidade relativa. - Disponibilidade hídrica. Sem diferença na altitude.
Santa Catarina	- Altitude média maior. - Temperatura média anual menor. - Precipitação média anual e de inverno maiores. - Maior disponibilidade hídrica total anual. Sem diferença na insolação e na disponibilidade hídrica de verão.	Acima de 450 m	3	- 2 grupos no Planalto Meridional. - 1 grupo no oeste do estado.	- Altitude média. - Evapotranspiração média anual. - Disponibilidade hídrica média anual. - Precipitação média anual.

Continua...

Tabela 3. Continuação...

Estado	Características das áreas com araucária em relação às áreas sem araucária	Altitude	Nº de grupos	Localização	Características diferentes entre os grupos
Rio Grande do Sul	- Altitude média maior. - Temperaturas menores. - Risco de geada mais elevado. - Menor insolação. - Maior disponibilidade hídrica no verão. - Maior Umidade realtiva no verão.	Acima de 450 m*	4	- 1 grupo na Serra do Sudeste.	- Altitude.
	- Sem diferença na disponibilidade hídrica de inverno, na insolação de inverno e na evapotranspiração de inverno.			- 2 grupos no Planalto Meridional e . - 1 grupo na Serra do Nordeste.	- Temperatura máxima de verão. - Temp. mínima de inverno . - Disponibilidade de verão. - Disponibilidade de inverno. - Insolação de verão. - Insolação de inverno. - Umidade realtiva de verão. - Umidade relativa de inverno. - Precipitação de verão. - Precipitação de inverno.

Nota: *Com exceção para a Serra do Sudeste onde a araucária ocorre a 250 m.

geomorfológicos mais côncavos ou abaciados que propiciam o acúmulo de ar frio durante eventos de inversão térmica na baixa atmosfera. Desta forma, mais importante que as condições de solos, o clima é fator condicionante ao estabelecimento da araucária (PULCHALSKI et al., 2006).

A temperatura é influenciada pela altitude e latitude e, normalmente, decresce com o aumento da altitude, numa proporção de aproximadamente $1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (gradiente adiabática do ar seco). Esta taxa de arrefecimento ocorre, pois uma massa de ar em ascensão está sujeita à pressão cada vez menor, aumentando seu volume e diminuindo a temperatura. Como este gradiente térmico depende da umidade relativa do ar, diminuindo quando o ar começa a se saturar por liberação de calor latente de condensação, o decréscimo da temperatura média com a altitude situa-se em torno de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a cada 180 m (DURY, 1972).

No Paraná, Maack (1981) cita a alteração de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para cada 100 m e, na média, Ometto (1981) cita a alteração de $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ para cada 100 m de altitude. Conforme relatam Fritzsons e Mantovani (2008), o gradiente térmico médio para o mês de janeiro, obtido para o conjunto de todas as estações meteorológicas do Estado do Paraná, excluindo as do litoral, é de 126 m , ou seja, há uma redução média de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a cada 126 m de altitude. Este gradiente varia entre 124 a $141\text{ m}/^{\circ}\text{C}$ para o sudoeste e norte do estado, respectivamente. Assim, nas regiões de latitudes médias, como é o caso do Paraná, as grandes diferenças de temperatura em pequenas distâncias decorrem dos efeitos da variação da altitude e nebulosidade, podendo haver também grandes diferenças nas condições de temperatura entre os locais a barlavento e os situados a sotavento de uma montanha (OMETTO, 1981).

Em Santa Catarina, o gradiente térmico médio para o mês de janeiro, obtido para o conjunto de todas as estações, é 213 m , ou seja, há uma redução média de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a cada 213 m de altitude. Isto equivale a $0,47\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (FRITZSONS et al., 2016).

Mesmo em zonas subtropicais, considerando a altitude e a latitude influenciando a temperatura média decendial do ar, Cargnelutti et al. (2006) concluíram que a altitude exerce maior influência que a latitude para o estado do Rio Grande do Sul. Em estudo feito no estado, Fritzsons et al. (2015) verificaram que o gradiente térmico médio obtido para o conjunto de todas as estações meteorológicas do estado foi, aproximadamente, $0,75\text{ }^{\circ}\text{C}$ a cada 100 m de altitude e para o grupo das estações meteorológicas presentes na Serra do Nordeste foi $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A região da Floresta com Araucária é bem delimitada por clima temperado, com alto índice de chuvas e com geadas frequentes, sendo coincidente à isoterma de $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (BACKES, 1999).

A temperatura média mensal da região de ocorrência da araucária pode atingir valores inferiores a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ nos meses mais frios e pouco superiores a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ nos meses mais quentes (BACKES, 2009; MAACK, 1981). Entretanto, com a amostragem deste trabalho verificou-se que, para o Rio Grande do Sul, a araucária ocorre nas regiões onde a temperatura média anual é inferior a esse valor, com valor médio de $17\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo a média das temperaturas mínimas de inverno de $8,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a média das temperaturas máximas de verão de $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para o Estado de São Paulo, a temperatura média anual é $19,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo que a temperatura média é $22,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $16,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente no verão e inverno. Para o estado do Paraná, a temperatura média anual é $17,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, em janeiro é $21,55\text{ }^{\circ}\text{C}$ e em julho é $13,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Em Santa Catarina, a temperatura média anual é $16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, no verão é $20,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ no inverno.

Juntamente com as temperaturas menores, a precipitação pluviométrica maior no inverno é comum às áreas com araucária no Paraná e Santa Catarina, o que caracteriza um clima mais subtropical, ou Cfb, da classificação de Köppen. Em São Paulo, nas áreas com araucária, a precipitação varia entre 1.210 mm e 1.786 mm.

Golfari et al. (1978) afirmam que a araucária não tolera seca e que, embora esteja presente em regiões onde ocorrem geadas frequentes,

isso não constitui exigência da espécie. Os autores também afirmam que, na região Sul, as precipitações onde ocorre araucária estão entre 1.250 mm e 2.000 mm, sendo periódicas e sem estiagem no inverno ou no verão. Apresentam maior umidade relativa do ar e maior disponibilidade hídrica, se comparada às áreas onde não ocorre araucária. No Paraná, a disponibilidade hídrica média total anual das regiões com araucária é muito maior (851 mm) comparado às regiões sem araucária (389 mm). Em Santa Catarina, a disponibilidade hídrica anual também é superior (975 mm) quando comparada às áreas sem araucária (746 mm).

No Rio Grande do Sul, nas áreas de ocorrência da espécie, a precipitação pluviométrica varia de 1.500 mm até 1.900 mm, estando em uma faixa intermediária de precipitação para o estado, cujos valores de precipitação acumulada em um ano variam desde 1.200-1.300 mm até 2.300-2.400 mm (WREGE et al., 2011). No Rio Grande do Sul, a maior disponibilidade hídrica e maior umidade relativa no verão, associada às temperaturas, relativamente mais amenas no verão, estão associadas à presença da araucária. A disponibilidade hídrica média mensal de verão das áreas com araucária é 128 mm e das áreas sem araucária é 75 mm.

Segundo Maack (1981), a distribuição contínua da araucária tem seu limite altitudinal inferior de ocorrência de 500 m (para os estados de Paraná e Santa Catarina), abaixo do qual a espécie só ocorre de forma descontínua e nas linhas de escoamento de ar frio. Roderjan et al. (2002) afirmam que, na cota de 650-700 m, aparecem as araucárias no Paraná e, em São Paulo, acima dos 750 m a 800 m. Dessa forma, uma menor latitude é compensada com uma altitude maior, justificando a ocorrência de araucária nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul em altitudes menores. A maior altitude foi 1.053 m na Serra do Nordeste. Entretanto, ao norte do município de São José dos Ausentes, RS foi possível assinalar a ocorrência de araucárias até a altitude de 1.340 m. Com a amostragem deste trabalho, verificou-se que, em São Paulo, a araucária encontra-se acima de 700 m, no Paraná

acima de 500 m e em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul, acima de 450 m, com exceção da Serra do Sudeste, na porção meridional do Rio Grande do Sul, que se encontra a 250 m.

Quanto aos subgrupos formados em cada estado das áreas com araucária, verificou-se que em São Paulo, com a análise de agrupamento, foram compostos dois subgrupos com araucária (Figura 1), sendo um na Serra da Mantiqueira e outras regiões serranas ao norte do Estado, ao norte da cidade de São Paulo e do Trópico de Capricórnio e outro no Planalto Meridional e outras duas áreas ao norte do Trópico de Capricórnio.

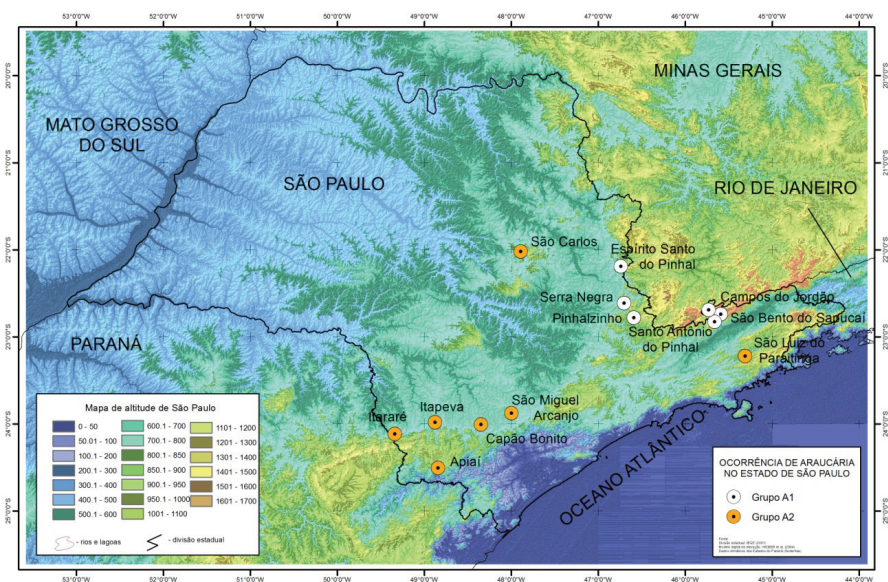


Figura 1. Localização dos grupos de araucária no Estado de São Paulo.

No Paraná foram encontrados quatro subgrupos (Figura 2): no sul do Paraná e no Planalto Oriental (grupo A) e no Centro-Norte e no Sudoeste (grupo B). A insolação, a umidade realtiva, a disponibilidade hídrica separaram os dois grupos. Não houve diferença na altitude média entre os grupos.

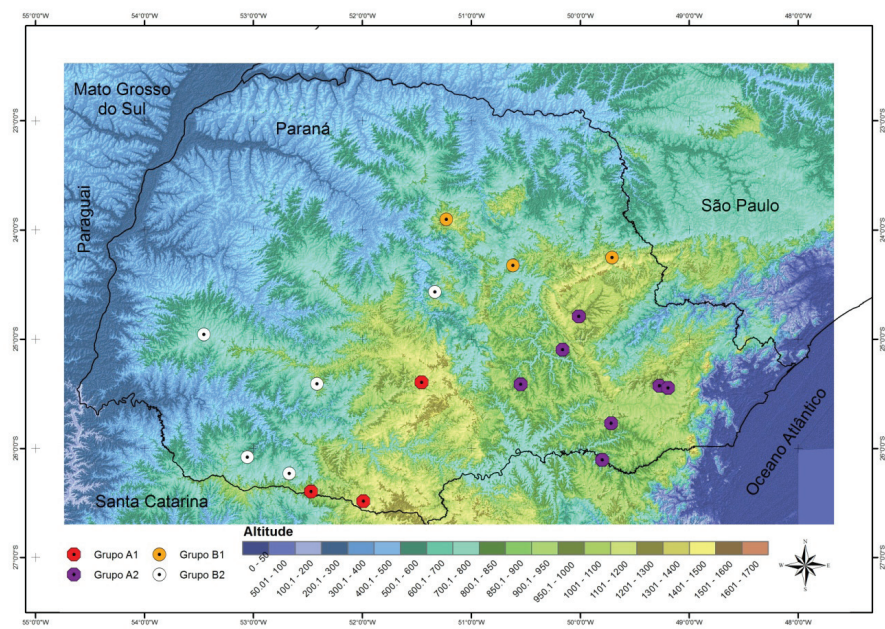


Figura 2. Localização dos grupos de araucária no Estado do Paraná.

Em Santa Catarina, foram formados três subgrupos (Figura 3): Os grupos A1 e A2 ocorrem predominantemente na porção oeste da Serra Geral, a qual separa a área do litoral da área de Planalto, na zona central do estado, região localizada no centro do estado, e o B1 ocorre na porção oeste do estado. Os subgrupos são distintos em termos de altitude média, evapotranspiração média anual, disponibilidade hídrica média anual e precipitação pluviométrica média anual.

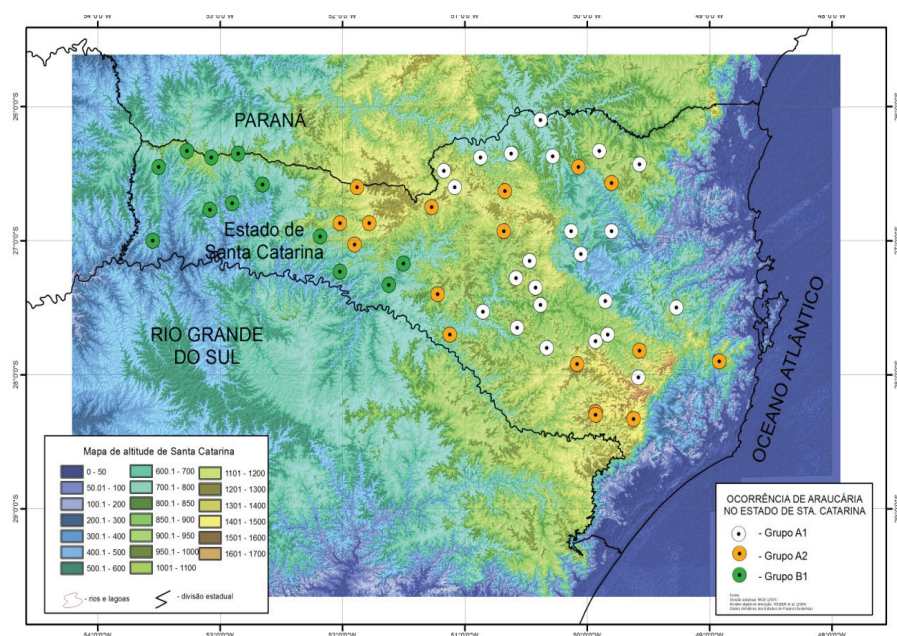


Figura 3. Localização dos grupos de araucária no Estado de Santa Catarina.

No Rio Grande do Sul, foram encontrados quatro grupos (Figura 4): dois no Planalto Meridional, separados pela altitude, um na Serra do Sudeste e um na Serra do Nordeste. Os critérios que separaram os grupos estão relacionados à: diferença de altitude, temperatura máxima de verão, temperatura mínima de inverno, disponibilidade hídrica no verão, disponibilidade hídrica no inverno, insolação no verão, insolação no inverno, umidade relativa no verão, umidade relativa no inverno, precipitação de verão, precipitação de inverno. Estas três regiões apresentam clima diferenciado, apesar de se situarem na mesma zona de classificação climática por Köppen, Cfb.

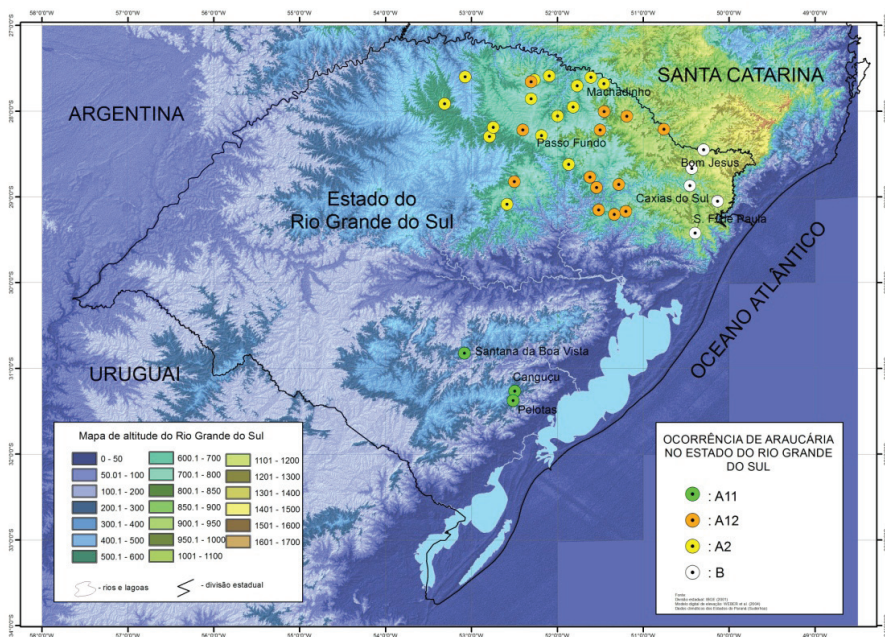


Figura 4. Localização dos grupos de araucária no Estado do Rio Grande do Sul.

Considerações finais

As características comuns às áreas onde as araucárias ocorrem nos quatro estados são: altitudes maiores e temperaturas menores. As altitudes menores estão associadas também ao risco de ocorrência de geadas. Em cada estado há uma particularidade em relação à insolação, evapotranspiração anual ou de alguma estação do ano e disponibilidade hídrica e precipitação pluviométrica.

Em cada estado houve a formação de grupos onde ocorre a presença natural de araucária e que apresentam semelhanças climáticas. E dentre estes grupos (e subgrupos) observou-se que não houve diferenças nas temperaturas, mas sim em outros parâmetros climáticos específicos para cada estado.

O estudo genético das populações de araucária em cada grupo pode revelar as similaridades (parentesco) entre as populações e diferenças genotípicas e estas informações são fundamentais, tanto para o melhoramento genético, na tentativa de correlacionar a distribuição geográfica e diversidade genética, quanto para definir áreas de conservação *in situ* da Floresta com Araucária.

Estudos pedológicos podem também indicar combinações edafoclimáticas mais favoráveis ao desenvolvimento das populações.

Este estudo poderá ser aprimorado com um maior numero de dados climáticos, os quais poderão revelar um maior numero de subgrupos, entretanto, para os objetivos definidos no Projeto Araucamate, estas informações devem ser suficientes.

Referências

ARZOLLA, A. R. dal P.; IVANAUSKAS, N. M.; NALON, M.; PISCIOTTA, K.; MEIRELES, L. D.; ANTUNES, A. Z.; RODRIGUES, R. R.; JOLY, C. A. **Porque tomar imediatamente a Serra da Mantiqueira no Estado de São Paulo**. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto Florestal, 2014. Disponível em: <<http://iflorestal.sp.gov.br/2014/05/06/porque-tomar-imediatamente-a-serra-da-mantiqueira-no-estado-de-sao-paulo>> . Acesso em: 01 ag. 2017.

BACKES, A. Condicionamento climático e distribuição geográfica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Brasil - II. **Pesquisas: Botânica**, v. 49, p. 31-51, 1999.

BACKES, A. Distribuição geográfica atual da Floresta com araucária: condicionamento climático. In: FONSECA, C. R. et al. (Ed.). Floresta com araucária: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável. Ribeirão Preto: Holos, 2009. p. 39-44..

CARGNELUTTI, D.; TABALDI, L. A.; SPANEVELLO, R. M.; JUCOSKI, G. D.; BATTISTI, V.; REDIN, M.; LINARES, C. E. B.; DRESSLER, V. L.; FLORES, E. M. D.; NICOLOSO, F. T.; MORSCH, V. M.; SCHETINGER, M. R. C. Mercury toxicity induces oxidative stress in growing cucumber seedlings. **Chemosphere**, v. 65, p. 999-1006, 2006.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.

DURY, G. H. High temperature extremes in Austrália. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 62, n. 3, p. 388-400, 1972.

FRITZSON, E.; MANTOVANI, L. E. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, n. 10, n. 1, p. 49-64, 2008.

FRITZSON, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGE, M. S. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 12, v. 18, p. 80-92, 2016. DOI: 10.5380/abclima. V18i0.39471.

FRITZSON, E.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Altitude e temperatura: estudo do gradiente térmico no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 11, v. 16, p. 108-119, 2015. DOI: 10.5380/abclima. V16i0.39665.

GEOLOGICAL SURVEY (U.S.). **Global 30 arc-second elevation (GTOPO30)**. 2015. Disponível em: <<https://lta.cr.usgs.gov/GTOPO30>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66 p. (PRODEPEF. Série Técnica, 11).

GUERRA, M. P.; SILVEIRA, V.; REIS, M. S.; SCHNEIDER, L. Exploração, manejo e conservação da araucária (*Araucaria angustifolia*). In: SIMÕES, L. L.; LINO, C. F. (Ed.). **Sustentável Mata Atlântica: a exploração de seus recursos florestais**. São Paulo: SENAC, 2002. p. 85-102.

HAMRICK, D. L. Response of tree to global environmental damages. **Forest Ecology and Management**, v. 194, p. 323-335, 2004.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 92 p.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 12. ed. São Paulo: Nacional, 1998.

KLEIN, R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia**, v. 12, p. 17-48, 1960.

KLEIN, R. M. Southern Brazilian phytogeographic features and probable influence of upper quaternary climatic changes in the floristic distribution. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 33, p. 67-88, 1975.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio, 1981. 442 p.

MALLO, F. **Análisis de componentes principales y técnicas factoriales relacionadas**: teoría, computación y aplicaciones. Leon: Universidad de Leon, 1985. 523 p.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. (Ed.). **Livro vermelho da flora brasileira**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobson Estúdio; Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1.100 p.

MEDEIROS, J. D.; SAVI, M.; BRITO, B. F. A. Seleção de áreas para criação de Unidades de Conservação na Floresta Ombrófila Mista. **Biotemas**, v. 18, v. 33-50, 2005.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425 p.

PUCHALSKI, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M. S. dos. Variações em populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze associada a condições edafoclimáticas. **Scientia Florestalis**, v. 70, p. 137-148, 2006.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACK, G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**, v. 24, p. 75-92, 2002.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, L. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

WREGE, M. S.; SOUSA, V. A.; FRITZSONS, 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 JUNIOR, 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.



Florestas