

Fenologia Reprodutiva da *Araucaria angustifolia* no Brasil

*Valderês Aparecida de Sousa*¹

*Hans H. Hattemer*²

RESUMO

O estudo da fenologia reprodutiva indica a proporção de indivíduos que contribuem efetivamente na reprodução, além de oferecer informações básicas para a conservação e melhoramento genéticos florestais. Informações sobre a biologia reprodutiva da araucária (*Araucaria angustifolia* Bert. (O. Ktze.)) são necessárias para elucidar o comportamento reprodutivo em diferentes regiões de ocorrência da espécie. Este trabalho teve por objetivo efetuar observações em teste de procedência de araucária em Colombo-PR no período entre 14 e 16 anos de idade. Os resultados confirmaram que seu ciclo reprodutivo é relativamente longo. Os estágios mais críticos, incluindo a liberação de pólen e a polinização, ocorrem entre setembro e dezembro e os menos críticos entre maio e julho, coincidindo com as temperaturas amenas. A polinização ocorreu durante um curto período de tempo, que variou significativamente entre árvores de ano para ano. A proporção de árvores reprodutivas foi baixa, implicando na redução do tamanho efetivo da população. Mesmo sendo o plantio relativamente jovem, diferenças notórias foram observadas na produção de sementes entre procedências. Recomendam-se observações adicionais em

¹ Engenheira Florestal, Doutora, Pesquisadora da *Embrapa Florestas*. valderes@cnpf.embrapa.br

² Institut für Forstgenetik und Forstplanzenzüchtung der Universität Göttingen, Büsgenweg 2, D-37077 Göttingen, Alemanha. hhattem@gwdg.de

idades mais avançadas para que se possa tirar conclusões definitivas sobre a produção de sementes em árvores de diferentes procedências e a proporção de sexo na população.

Palavras-chave: dioicia, pinheiro-do-paraná, conservação, melhoramento genético florestal

Reproductive Phenology of *Araucaria angustifolia* in Brazil

ABSTRACT

The study of reproductive phenology is important in order to determine the proportion of individuals that contributes to the effective gamete pool in a population and to support programs on pollen and seed collection for use in conservation and breeding programs. In araucaria (*Araucaria angustifolia* Bert. (O. Ktze.), more intensive studies on reproductive biology and phenology are necessary to elucidate the reproductive aspects in different regions. Field observations in an araucaria provenance test planted in Southern Brazil were recorded. The observations were taken when the stand was between 14 and 16 years old. The results showed that its reproductive cycle is relatively long. The most critical stages, including pollination, occur between September and December and the less critical between May and July, when the temperatures are lower. Pollination occurs during a short period and is significantly variable among trees and from year to year. The proportion of sexually mature trees was small at the time of assessment and this limited the effective population size. In spite of the young age of stand, there were significant differences in seed production among provenances. Further observations are necessary encompassing more advanced ages.

Keywords: dioecy, paraná-pine, gene conservation; forest tree improvement.

1. INTRODUÇÃO

Observações de campo sobre fenologia reprodutiva constituem ferramentas essenciais para estimar o número de indivíduos que estão contribuindo, efetivamente, na reprodução de uma determinada população de espécies florestais. As diferenças nos períodos de florescimento entre e dentro de populações devem ser conhecidas como subsídios orientadores em operações de coletas de sementes para estudos de caracterização, conservação e melhoramento genéticos de populações.

Através da observação da fenologia reprodutiva, em espécies dióicas, pode-se indicar as proporções de indivíduos de cada sexo que contribuem, efetivamente, para o total de gametas de uma população. Em estudos de genética de população é importante não somente determinar o número de indivíduos na fase reprodutiva mas, também, detectar o sincronismo da receptividade dos órgãos femininos com a liberação de pólen. As diferenças no período de florescimento representam uma barreira efetiva ao fluxo gênico através do pólen.

A araucária (*A. angustifolia* Bert. (O. Ktze.)) é uma espécie que ocorre em uma ampla região geográfica no sul e sudeste do Brasil. Assim, diferenças na fenologia reprodutiva entre populações são esperadas. Shimoya (1962), Carvalho (1994) e Solórzano Filho (2001) relataram observações sobre a fenologia reprodutiva dessa espécie sem, contudo, comparar diferentes populações.

O florescimento é um processo que depende de fatores genéticos e ambientais. O padrão de florescimento pode ser atribuído à diferenciação genética das populações, bem como às diferenças individuais.

A idade das árvores é um importante fator que define o período e a intensidade do florescimento, bem como da frutificação. De acordo com Carvalho (1994), a produção de sementes em árvores isoladas de araucária começa entre os 10 e 15 anos de idade, já nos plantios, a reprodução se inicia aos 20 anos de idade, destacando grandes diferenças entre populações. Ntima (1968) relatou que árvores de araucária observadas num arboreto, em Kenya (totalmente fora da região de ocorrência natural da espécie), começaram a produzir sementes dos

13 aos 15 anos de idade. A variação da produção de sementes de ano para ano é um fenômeno registrado para muitas espécies florestais (Hilton & Packham, 1997; Nygren, 1990). As diferenças podem, também, ser relacionadas à variação entre clones (Matziris, 1998).

A araucária, por ser uma espécie dióica, apresenta árvores de sexos distintos. Os estróbilos masculinos são cilíndricos, medindo de 10 a 22 cm de comprimento e de 2 a 5 cm de diâmetro, formados de escamas férteis. O estróbilo feminino apresenta forma arredondada (Carvalho, 1994) e o cone maduro, composto de 700 a 1.200 escamas, mede de 10 a 25 cm de diâmetro. O cone apresenta um número variável de sementes (5 a 150) e seu peso pode atingir mais de 4,7 kg.

O processo reprodutivo, até a formação de sementes, em araucária, é longo (Shimoya, 1962), requerendo aproximadamente quatro anos para que um ciclo se complete. Esse autor conduziu estudos citológicos detalhados da ontogenia dos órgãos reprodutivos e do processo de reprodução em araucária. Suas observações foram em material coletado de plantações na região de Viçosa-MG, ao norte da região de ocorrência natural da espécie.

Estudos sobre a fenologia reprodutiva da araucária são necessários como apoio aos trabalhos de coleta de sementes e de pólen para conservação de germoplasma e melhoramento genéticos dessa espécie. O presente estudo visou acompanhamento da fenologia do florescimento e da formação de sementes em teste de procedência/progênie como contribuição ao conhecimento da biologia reprodutiva dessa espécie.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As observações sobre a fenologia reprodutiva foram conduzidas em teste de procedência, estabelecido em Colombo-PR, 25° 19' S e 49° 09' W, 941 m de altitude e temperatura média anual de 16,5°C. Esse experimento foi instalado em blocos casualizados, com 25 repetições de parcelas de uma planta. A casualização foi efetuada entre famílias dentro de procedências e o plantio em espaçamento inicial de 5 m x 5 m.

As observações no campo se iniciaram aos 14 anos de idade e foram continuadas durante os três anos subseqüentes, em árvores de cinco procedências (Tabela 1). Foi registrada a fenologia reprodutiva num total de 332 árvores. Para estudos detalhados da evolução das estruturas reprodutivas foram observadas oito árvores (duas fêmeas e seis machos), em diferentes partes da copa (terços inferior, médio e superior).

Tabela 1. Origem geográfica das procedências de *Araucaria angustifolia* plantadas em Colombo (PR)

Procedência	Altitude (m)	Latitude (S)	Longitude (W)	Nº. de famílias
Quatro Barras (PR)	915	25° 21' 00''	49° 03' 00''	10
Caçador (SC)	1100	26° 30' 00'' 27° 30' 00''	51° 00' 00'' 51° 30' 00''	9
Três Barras (SC)*	560	26° 00' 00'' 26° 30' 00''	50° 00' 00'' 50° 30' 00''	9
Irati (PR) (tardio)	790	25° 10' 00'' 25° 35' 00''	50° 25' 00'' 50° 55' 00''	10
Irati (PR)	790	25° 10' 00'' 25° 35' 00''	50° 25' 00'' 50° 55' 00''	8
Telêmaco Borba (PR) **	780	24° 20' 00''	50° 38' 00''	5

* Swedish Match do Brasil S.A. ex Cia Fiat Lux Fósforos de Segurança

** Indústrias Klabin do Paraná

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desenvolvimento dos estróbilos

As fases mais críticas no ciclo reprodutivo da araucária, incluindo a da polinização, inicia-se em setembro, estendendo-se até dezembro (Figura 1). A fase menos importante acontece entre maio e julho. Em duas árvores (T8II e I27I), as diferenças nos estágios de desenvolvimento dos cones foram pequenas (Figura 2).

A dispersão de pólen ocorreu durante um período relativamente curto (Figura3), iniciando-se no final de agosto e estendendo-se até o final de outubro. Essa observação coincide com as de Carvalho (1994). Shimoya (1962) relatou um período de fertilidade dos estróbilos masculinos de araucária, em Viçosa, restrito entre os meses de outubro e dezembro.

Comparando-se a dispersão de pólen em dois anos consecutivos (1995 e 1996), destaca-se a árvore F12 III que liberou pólen durante quase três meses, em 1995, mas em 1996 esse período durou menos de um mês.

Maturidade reprodutiva das árvores em testes de procedências

A proporção de árvores em estágio reprodutivo foi pequena durante os três anos observados (dos 14 aos 16 anos de idade). Somente 27,4% se reproduziram nesse período; dessas 17,2% eram árvores masculinas (Tabela 2). Embora a proporção de árvores masculinas tenha sido maior que a das femininas, o povoamento é ainda relativamente jovem para permitir uma conclusão final a esse respeito. Uma das suposições que poderão ser investigadas é a possibilidade das árvores masculinas atingirem a maturidade sexual precocemente em relação às femininas. No primeiro ano de observação, aos 14 anos de idade, registrou-se uma taxa de florescimento de 17,7%. Aos 17 anos, a proporção aumentou para 27,4%. Comparativamente às observações de Carvalho (1994), o florescimento se deu precocemente, uma vez que, segundo esse autor, a araucária, em plantações, inicia sua reprodução somente aos 20 anos de idade. Pinto (1982) registrou uma taxa reprodutiva de 54% aos 26 anos de idade. É possível que o espaçamento de 5 m x 5 m, usado no presente plantio, tenha favorecido a reprodução precoce. Na prática, os plantios de araucária têm sido efetuados com espaçamentos menores. As opiniões sobre o espaçamento ideal para plantios de araucária visando a produção de madeira são divergentes. Rogers¹, 1953 (citado por Ntima, 1968) refere-se a 2 m x 2 m, enquanto Carvalho (1994) sugere espaçamento de 3 m x 2 m.

¹ Rogers, L. J. Report to the Government of Brazil on the silvicultural problems of *Araucaria angustifolia*. Rome: FAO/ETAP, 1953. (FAO/ETAP, 206).

Fig 1. Desenvolvimento de estróbilos masculinos e femininos em *Araucaria angustifolia* durante o 15° (1995) e 16° (1996) anos de idade, em Colombo-PR.

1995		1996														
I.E.M.	D.E.M.	L.P.	Pausa	I.E.M.	D.E.M.	L.P.	Novo ciclo não observado									
Desenvolvimento dos estróbilos femininos		Receptividade	Fertilização e desenvolvimento das sementes Segundo e Terceiro anos (1996 e 1997)													
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno		

I.E.M. = Início do desenvolvimento do estróbilos masculino; D.E.M. = Desenvolvimento dos estróbilos masculinos; L.P. = Liberação de pólen.

Fig. 2. Desenvolvimento dos estróbilos femininos em duas árvores de *Araucaria angustifolia* dos 15 (1995) aos 17 (1997) anos de idade, em Colombo-PR.

1995		1996 e 1997										1998					
EV	Desenvolvimento dos estróbilos femininos											Desenvolvimento das sementes					
RE		Desenvolvimento das sementes															
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	T8
Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	II
																	I27
																	I

EV = Estróbilos visível; RE = Receptividade dos estróbilos; T = Quatro Barras (Swedish Match do Brasil S.A.)-PR (T8-II: árvore número 2 na família número 8, procedência de Quatro Barras (Fiat Lux)-PR); I = Irati-PR (I27-I: árvore número 1 da família 27, procedência de Irati).

Fig 3. Desenvolvimento dos estróbilos masculinos em Araucaria angustifolia em Colombo-PR, aos 15 (1995) e 16 (1996) anos de idade.

Procedência	Código	Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Quatro Barras (PR)	F12 III	1995											
		1996											
Irati (PR)	I01 VII	1995											
		1996											
	I25 VII	1995											
		1996											
Três Barras (SC)	T07 I	1995											
		1996											
	T09 VIII	1995											
		1996											

F = Quatro Barras (PR); T = Quatro Barras-PR (Swedish Match do Brasil S. A); I = Irati (PR)

Tabela 2. Porcentagem de árvores de *Araucaria angustifolia* produzindo estróbilos em Colombo-PR, dos 14 (1994) aos 16 (1996) anos de idade (N = 332).

Ano									Total*		
1994			1995			1996					
F	M	NI	F	M	NI	F	M	NI.	F	M	NI
6,3	11,4	82,2	7,5	15,1	77,4	10,2	16,3	72,6	10,2	17,2	72,6

F = Feminina; M = Masculina; NI = Não identificada (sem florescimento), * representam todas as árvores que floresceram em um ou mais anos avaliados.

Produção de sementes

Houve diferença na produção de sementes entre as procedências observadas (Tabela 3). Caçador apresentou a menor produção, com 103 sementes, das quais somente quatro (3,9%) eram cheias (sementes normais). As mesmas foram colhidas de uma só árvore, na família C4, que floresceu em 1995. As procedências Quatro Barras e Irati apresentaram a maior produção de sementes, com 2.935 e 2.877 respectivamente. Na procedência Quatro Barras, 54,9% das sementes eram cheias e na Irati, 49,11%. A árvore I27, da procedência Irati, produziu o maior número de cones (26), porém, com grande quantidade de sementes vazias (54,8%). A procedência Três Barras produziu 1.607 sementes, das quais, somente 28,69% apresentavam-se cheias.

O estudo mostrou variações anuais no período de fertilidade das árvores masculinas. Uma considerável variação na produção de sementes foi detectada entre árvores e entre procedências (Tabela 3). As sementes vazias representaram quase a metade (média de 47,1%, com amplitude de 7,1% a 97,8% por procedência) das sementes produzidas.

Diversos fatores podem limitar o sucesso reprodutivo da árvore feminina. Geralmente, esse sucesso depende da proporção de sexos na população. Uma proporção desbalanceada de sexos implica na contribuição desigual do número de gametas favorecendo o sexo mais abundante. Essa situação é indesejável, pois dificulta a panmixia nessa população. A alta proporção de

sementes vazias (não formadas) pode estar associada à baixa produção de pólen dentro na área observada. Apesar de se ter detectado a maior freqüência de machos férteis (17,2%) do que de fêmeas (10,2%), a maioria das árvores (72,6%) ainda não tinha atingido a maturidade reprodutiva. A nuvem de pólen produzida pelas árvores pode, ainda, não ter sido suficientemente grande para permitir uma distribuição homogênea.

Sabe-se que a quantidade de pólen influencia o número de sementes produzido por frutos (Doust & Doust, 1988). Outro fator a que pode ser atribuída a alta freqüência de sementes vazias é a alta taxa de aborto de óvulos ou embriões que pode ocorrer em árvores jovens de araucária. A relação entre fonte de pólen e produção de sementes tem levado vários cientistas a sugerirem que o aborto, também, pode estar relacionado à similaridade genética dos genomas paternos e maternos, por causa da expressão de genes deletérios. Além disso, os embriões com genótipos similares podem competir mais intensamente por nutrientes. A competição entre sementes em desenvolvimento pode provocar aborto (Doust & Doust, 1988).

Tabela 3. Número de cones e sementes de *Araucaria angustifolia* coletados em 1998 (18 anos de idade) em famílias de cinco procedências, em Colombo-PR.

Procedência	Família	Posição dos cones na copa			Porcentagem de sementes				N
		superior	médio	inferior	cheias	vazias	dan.		
Telêmaco Borba (PR)	K7	4	1	2	66,9	22,0	11,1	646	
	K9	1	2		69,8	28,4	1,8	384	
	K10		1	1	59,0	41,0	0,0	268	
	Sub-total	5	4	3	64,8	28,9	6,3	1268	
Caçador (SC)	C4		1	1	3,9	96,1	0,0	103	
	Sub-total		1	1	3,9	96,1	0,0	103	
Irati (PR)	I1	1	1	1	46,1	53,0	0,9	336	
	I25	1	1	1	77,1	7,1	15,8	297	
	I26	4	1	1	51,1	39,5	9,5	656	
	I27	13	10	3	43,7	54,8	1,4	1588	
	Sub-total	19	13	6	49,1	46,2	4,7	2877	
Quatro Barras (PR)	F1	1	1	1	22,6	77,4	0,0	248	
	F5	2	2	2	56,2	40,3	3,5	680	
	F6	5	5	5	60,44	35,4	4,2	1707	
	F7	2	1	1	47,7	51,7	0,7	300	
	Sub-total	10	9	9	54,9	41,8	3,3	2935	
Três Barras (SC)	T7	4	1	1	20,7	79,1	0,1	680	
	T8	4	3	1	44,7	54,7	0,6	704	
	T10	1	1	1	2,2	97,8	0,0	223	
	Sub-total	9	5	3	28,7	71,0	0,3	1607	
Total		45	32	22	49,3	47,1	3,6	8820	

dan. = danificadas; N= número total de sementes

O aborto de embriões tem sido, também, documentado dentro dos frutos, de forma não casual (efeito de posição), impedindo a formação das sementes. A competição entre sementes, também, tem sido citada como uma das razões de complicação na produção de sementes. Componentes genéticos e ambientais estão envolvidos em ambos os casos. A posição do óvulo no fruto é fortemente correlacionada com a probabilidade de aborto de embrião em angiospermas. Se o número de grãos de pólen depositado no estigma for maior que o número de óvulos no ovário, pode resultar na competição pelos óvulos e os grãos de pólen que crescerem mais rapidamente podem prevalecer (Doust & Doust, 1988). De acordo com Shimoya (1962), o período entre a polinização e a fecundação em araucária é de 12 a 13 meses. Adicionalmente, as sementes levam 15 meses para atingir a maturação. A oportunidade para ambas as seleções (pré e pós

zigótica) poderia existir durante todo o ciclo reprodutivo que é de aproximadamente quatro anos. Porém a limitação na produção de sementes em certas árvores pode estar relacionada mais à falta de nutrientes do que à falta de pólen.

Entretanto, a maior restrição nos plantios jovens está relacionada à escassez de pólen em decorrência do restrito tamanho efetivo populacional nesse estágio. A distribuição da nuvem de pólen é crucial em espécies anemófilas, bem como a cronologia dos eventos fenológicos associados à fatores climáticos. Foram detectadas diferenças no período de maturação e liberação de pólen. A assincronia entre liberação de pólen e maturação das árvores femininas contribuiu para que a nuvem de pólen fosse ainda mais diluída dentro da população.

4. CONCLUSÕES

Os estágios fenológicos mais importantes (dispersão do pólen e polinização) da araucária, em Colombo-PR, ocorrem de setembro a dezembro; os demais, entre maio e julho, quando as temperaturas apresentam-se amenas. A maturidade reprodutiva das árvores ocorreu precocemente, provavelmente, em consequência dos espaçamentos amplos empregados no plantio. A reduzida proporção de árvores sexualmente maduras, aliada à variação no período de florescimento, pode ter reduzido o tamanho efetivo populacional. Em virtude do efeito direto da variação na produção de pólen e de óvulos, resultantes de fatores internos e externos no tamanho efetivo populacional, os mesmos devem ser considerados na amostragem de sementes visando à conservação ou ao melhoramento genético.

Recomenda-se a continuidade das observações no experimento, em idades mais avançadas, para que dados mais consistentes sobre a proporção de sexos sejam averiguados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 639 p.

DOUST, J. L.; DOUST, L. L. Sociobiology of plants: an emerging synthesis. In: DOUST, J. L.; DOUST, L. L. **Plant reproductive ecology.** New York: Oxford University Press, 1988. p. 5-29.

HILTON, G. M.; PACKHAM, J. R. A sixteen-year record of regional and temporal variation in the fruiting of beech (*Fagus sylvatica* L.) in England (1980-1995). **Forestry Oxford**, v. 70, p. 7-16, 1997.

MATZIRIS, D. Genetic variation in cone and seed characteristics in a clonal seed orchard of Aleppo pine grown in Greece. **Silvae Genetica**, v. 47, p. 37-41, 1998.

NTIMA, O. O. (Comp.). **The araucarias.** Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1968. 139 p. (Fast Growing Timber Trees of the Lowland tropics, 3).

NYGREN, M. Seed production variation of Scots pine and Norway spruce. **Silva Fennica**, v. 24, p. 77-81, 1990.

PINTO, S. A. A. Influência da dioécia no diâmetro e na altura de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. KTZE. e suas implicações na formação de áreas de produção de sementes na região de Quedas do Iguaçu - Estado do Paraná. **Silvicultura**, v. 7, n. 23, p. 44, 1982.

SOLÓRZANO FILHO, J. A. Demografia, fenologia e ecologia da dispersão de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze (*Araucariaceae*), numa população relictual em Campos do Jordão, SP. São Paulo: USP, 2001. 155 p. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Biociências da USP, São Paulo.

SHIMOYA, C. Contribuição ao estudo do ciclo biológico de *Araucaria angustifolia* (Bertolini) O. KTZE. **Experientiae**, v. 2, p. 520- 540, 1962.

