

Capítulo

**Particularidades e biologia reprodutiva  
de *Araucaria angustifolia***

*Flávio Zanette*  
*Moeses Andriago Danner*  
*Valdeci Constantino*  
*Ivar Wendling*



## 1 Introdução

*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, conhecida popularmente como araucária, pinheiro brasileiro ou pinheiro do Paraná, é uma das espécies nativas mais importantes do Sul do Brasil. Originalmente cobria grandes áreas contínuas na Região Sul, estendendo-se para São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo na forma de pequenas manchas isoladas, principalmente nas regiões mais frias e altas destes estados.

No Brasil, antes da colonização, as matas de araucária chegaram a estender-se por 185 mil quilômetros quadrados. Na Região Sul, um terço da superfície estava coberta por araucárias. Porém, começaram a tombar ainda na segunda metade do século 19 e, por mais de 100 anos, sua madeira de excelente qualidade (resistente e maleável), serviu para erguer casas, fabricar móveis, construir ferrovias e levantar cidades. Cerca de 100 milhões de araucárias nativas viraram toras nas serrarias do Sul e do Sudeste e, em 1963, a espécie representava 92% das exportações de madeira do país. A derrubada da araucária para uso da madeira atingiu seu auge na década de 1970 e a falta de plantios encerrou este importante ciclo econômico da região Sul do Brasil. Da área original de floresta de araucária, que antes cobria as serras meridionais brasileiras, restaram apenas 2%, tornando-se o ecossistema mais devastado do país.

Seu grande valor madeireiro a condenou à quase extinção no final do século 20 e, atualmente, a espécie se encontra incluída na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção (BRASIL, 2008). No mesmo período de sua intensa exploração ocorria a introdução no Brasil de espécies florestais exóticas para fins madeireiros e de celulose, principalmente pinus e eucaliptos. Auxiliados pelo melhoramento genético, essas espécies se tornaram mais atrativas economicamente e foram tomando o lugar da araucária. As poucas iniciativas de replantio da araucária foram logo abandonadas pelo seu crescimento mais lento e pouco conhecimento da biologia da espécie. Os produtores passaram a dar preferência para as espécies exóticas, também devido às facilidades legais para exploração quando comparadas com a araucária. A história do replantio da araucária terminou ainda na fase embrionária pela concorrência das espécies mais rentáveis.

A Floresta Ombrófila Mista, onde ocorre a espécie, faz parte do Bioma Mata Atlântica. A Lei da Mata Atlântica nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006

(BRASIL, 2006), vetou a possibilidade de manejo de espécies nativas em florestas naturais. O corte de araucária foi legalmente proibido no Brasil em 2001. Estas leis foram criadas visando principalmente à conservação da espécie. No entanto, o sentido conservacionista da legislação tem inibido o plantio, sendo necessário acrescentar uma abordagem econômica para estimular o plantio da espécie. Projetos de implantação de reflorestamentos com araucária nos dias atuais praticamente não existem, tendo em vista a falta de flexibilização e grande burocracia para o manejo. A proibição de corte não tem sido suficiente para frear o desmatamento, visto faltarem incentivos para mantê-las em pé, apoio técnico que mostre suas potencialidades, alternativas para a exploração, além de mais pesquisas relacionadas à espécie.

Opções visando à obtenção de produtos não madeiráveis podem contribuir para a manutenção da araucária em pé, onde o foco na produção econômica do pinhão pode ser uma alternativa viável. A gastronomia à base do pinhão é rica e está presente em muitas festas que coincidem com a época de sua colheita (abril a agosto). Porém, é necessário incentivo e pesquisas visando, principalmente, o desenvolvimento de novas opções de uso e conservação. A araucária é uma árvore símbolo de muitas cidades e até de estados, e também nome para muitos prêmios e condecorações.

O fato de não poder mais cortar as araucárias faz com que muitos agricultores, ao verem uma planta ainda pequena, a eliminem com medo de perder um pedaço de terra para cultivo no futuro. Ter um pinheiro adulto na propriedade significa a perda de 80 m<sup>2</sup> a 100 m<sup>2</sup> de terra para uso. Com esse cenário, a possibilidade de preservação da espécie no Brasil fica dependente de plantios porque, dentro da floresta, não há regeneração por falta de luz e, fora dela, o proprietário a elimina ainda jovem e as existentes, um dia, morrerão devido à idade avançada.

Para que a situação de risco de extinção da araucária seja alterada são necessários estudos urgentes sobre sua biologia, conservação, melhoramento genético, manejo e silvicultura. Os incentivos políticos e fiscais ao plantio da espécie para obtenção de produtos madeireiros e não madeireiros (especialmente do pinhão) também são de extrema importância para sua conservação. De modo geral, uma das ações mais efetivas no sentido da conservação da araucária é o incentivo à sua conservação mediante o uso, ou seja, para que produtores tenham interesse em salvar a espécie, será preciso que os mesmos vejam possibilidades reais de ganhos econômicos com o seu plantio.

## 2 O gênero *Araucaria*

A família Araucariaceae é o grupo mais primitivo de coníferas ainda vivas e surgiu há  $308 \pm 53$  milhões de anos, na Era Paleozoica, durante o período Carbonífero Superior. Atualmente, a família ocorre exclusivamente no Hemisfério Sul (América do Sul e Oceania) e consiste em três gêneros: *Araucaria* (com 19 espécies: *A. angustifolia*, *A. araucana*, *A. bernieri*, *A. biramulata*, *A. columnaris*, *A. humboldtensis*, *A. laubenfelsii*, *A. luxurians*, *A. montana*, *A. muelleri*, *A. nemerosa*, *A. rulei*, *A. schmidii*, *A. scopulorum*, *A. subulata*, *A. bidwillii*, *A. cunninghamii*, *A. hunsteinii*, *A. heterophylla*); *Agathis* (apenas uma espécie: *Agathis dammara*) e *Wollemia* (apenas uma espécie: *Wollemia nobilis*). Na América do Sul há apenas duas espécies do gênero *Araucaria*: *A. angustifolia* (Bert.) O. Kuntze, denominada de araucária, pinheiro brasileiro ou pinheiro do Paraná, no Brasil, Argentina e Paraguai; e *A. araucana* (Mol.) K. Koch, conhecida como araucária do Chile na região dos Andes, no Chile e na Argentina. Análises de DNA do cloroplasto demonstraram que estas duas espécies são extremamente relacionadas. As demais espécies de *Araucaria* são encontradas no continente da Oceania, sendo 13 espécies endêmicas da Nova Caledônia, duas da Austrália, uma de Papua Nova Guiné e uma espécie da Ilha Norfolk.

## 3 Origem de *A. angustifolia*

Com os milhões de anos de evolução, *A. angustifolia* sobreviveu a grandes transformações climáticas, as quais modificaram sua dispersão no Brasil. Até 11,5 mil anos atrás (Pleistoceno), ao terminar a última glaciação no mundo, as regiões Sul e Sudeste do Brasil tinham clima frio (mas não cobertas por gelo) e seco, que não permitia o estabelecimento da araucária, a qual sobrevivia em refúgios próximos aos rios. Pesquisas de fósseis no solo indicam que neste período os planaltos destas regiões do Brasil não tinham florestas, mas eram cobertos por pastagens de gramíneas (campos). Após este período, principalmente de 6.000 a 4.000 anos atrás (no Holoceno), houve aumento da temperatura e da umidade, favorecendo a expansão da araucária. Mas, a grande ocupação pela araucária dos campos nos planaltos ocorreu no Sul do Brasil e iniciou há menos de 1.500 anos. Na região Sudeste esta expansão da araucária foi menor e manteve as populações isoladas em relação àquelas do Sul do Brasil,

o que atualmente determina que estas populações sejam geneticamente distintas, como verificado em estudos utilizando marcadores moleculares.

Na última década alguns estudos arqueológicos realizados sugerem que a ampla expansão e ocupação da araucária dos planaltos do Sul do Brasil foi devida, em grande parte, ao transporte e atividade dos indígenas das tribos Kaingang e Xokleng (que tinham como característica marcante a construção de casas subterrâneas). Isto porque este período de 1.450 anos atrás coincide com a ocupação desta região por estes indígenas e porque o pinhão foi um dos principais alimentos no inverno e a araucária era usada para delimitar território para estes indígenas. Uma vez que os pinhões são sementes grandes, a dispersão por animais ocorre à pequenas distâncias, o que reforça a hipótese de que os humanos tiveram expressiva contribuição na dispersão da araucária no Sul do Brasil.

## 4 Botânica e biologia reprodutiva de *A. angustifolia*

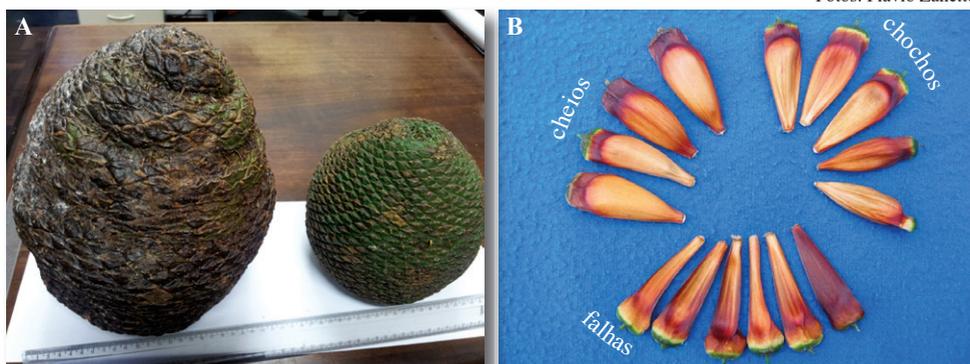
A espécie *A. angustifolia* foi descrita cientificamente pelo naturalista europeu Antonio Bertolini, em 1820, a partir da coleta de uma árvore plantada no Morro do Corcovado, Rio de Janeiro. Inicialmente ele a denominou *Columbea angustifolia* e, depois, por afinidade com *A. araucana*, passou à denominação de *A. angustifolia*. A classificação botânica da espécie é: reino Plantae, filo Gymnospermae, classe Coniferopsida, ordem Coniferae, família Araucariaceae, gênero *Araucaria*, espécie *angustifolia*.

A araucária é uma árvore de vida longa, podendo viver de 200 a 300 anos (ou mais). É perenifólia, com altura média de 20 m a 25 m e 1,0 m a 1,5 m de diâmetro. Apresenta tronco reto e cilíndrico, com ramos dispostos em 8 a 15 verticilos, tendo 6 a 10 ramos por verticilo. As araucárias mais velhas têm formato de candelabro, devido à perda dos verticilos basais. Os ramos primários e secundários são de hábito plagiotrópico, ocasionando o crescimento lateral. Os ramos secundários são conhecidos por grimpas e contém as folhas denominadas de acículas.

As inflorescências desenvolvem-se na extremidade dos ramos na planta adulta, sendo que a primeira floração normalmente ocorre entre 12 a 15 anos do plantio da semente. Os órgãos reprodutivos das araucárias femininas são folhas modificadas que formam os denominados ginostrobilos, os quais são

compostos por mais de 200 folhas carpelares inseridas ao redor de um eixo cônico. O óvulo nasce na axila, protegido por uma folha modificada estéril. Esta folha une-se a outra folha modificada estéril envolvendo o óvulo fecundado, formando a semente da araucária, denominada de pinhão. O estróbilo feminino maduro, denominado de pinha, apresenta três tipos de estruturas: o pinhão cheio (que foi fecundado, o qual é usado no consumo animal e humano e para regeneração da espécie), o pinhão chocho (que não foi fecundado) e as escamas de preenchimento (falhas) (Figura 1).

Fotos: Flávio Zanette



**Figura 1.** Pinhas de diferentes tamanhos mostrando o potencial para produção de pinhões (A); estruturas de uma pinha (pinhões cheios, chochos e falhas) (B).

Recomenda-se fazer a coleta do pinhão maduro quando ainda estiver preso na árvore ou caído recentemente, pois ele é destruído por brocas quando permanece por muito tempo no solo. A dispersão das sementes pode ser barocórica (ação da gravidade) e/ou zocócrica (animais) como a cutia, o papagaio charão, a gralha azul, dentre outros. Apesar da grande importância destes animais na dispersão da araucária, a regeneração natural é pouco efetiva devido à baixa luminosidade dentro da mata fechada. Em campo aberto as plantas dificilmente se desenvolvem, pois, geralmente são eliminadas pelos proprietários na fase inicial de crescimento, evitando-se assim, problemas futuros devido à dificuldade de corte. Contudo, é importante destacar a relação das matas com araucárias com a manutenção da biodiversidade local. A redução e a consequente fragmentação das matas não interferem somente na dinâmica das demais espécies vegetais, mas também nas espécies animais, pois estas acabam ficando sem ter o alimento (pinhões) em abundância.



As árvores femininas apresentam ginostrobilos durante todo o ano e em diferentes estádios de desenvolvimento, que podem ser identificados pelo seu tamanho. Entre novembro e junho poderão ser visíveis ginostrobilos no 1º, 2º e 3º ano de desenvolvimento em uma mesma árvore. O primeiro estágio do ginostrobilo não é visível, pois se encontra em formação interna ou está protegido por acículas. No segundo estágio os ginostrobilos estão prontos para receber o pólen. No terceiro estágio os ginostrobilos já foram polinizados (Figura 3).

Fotos: Flávio Zanette



**Figura 3.** Fenologia, evolução e crescimento da pinha: A) folhas terminais do ginostrobilo começam a abrir; B) ginostrobilo durante período de polinização; C) Crescimento da pinha após a polinização.

De junho a novembro distinguem-se dois estádios de desenvolvimento, pois os novos ginostrobilos se tornam visíveis a partir de novembro. Após a polinização, em setembro e outubro do ano seguinte, ocorre o desenvolvimento dos pinhões, que amadurecem 20 a 25 meses mais tarde, de fevereiro a setembro (Tabela 2).

A polinização ocorre pelo vento e, em alguns casos, ocorre o abortamento quando a pinha em estado inicial de desenvolvimento seca e cai. O ciclo reprodutivo da araucária é longo, desde o início da visibilidade dos ginostrobilos até o amadurecimento das sementes são necessários 28 a 35 meses. As pinhas apresentam crescimento lento durante 10 a 12 meses após a polinização, seguido de fase acelerada de crescimento até atingirem a maturação. Este início do rápido crescimento provavelmente coincide com a fertilização (união do grão de pólen com óvulo), que ocorre aproximadamente um ano após a polinização.

**Tabela 2.** Ciclo de formação do pinhão para a região de Curitiba, PR, a partir do ginostrobílo visível, considerando pinhão maduro para o ano de 2017.

| Ano                                       | 2014 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 2015 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etapa <sup>(1)</sup>                      | J    | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J    | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Visibilidade e formação dos ginostrobílos |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Polinização                               |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Crescimento da pinha                      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Queda do pinhão                           |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

| Ano                                       | 2016 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 2017 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etapa <sup>(1)</sup>                      | J    | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J    | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Visibilidade e formação dos ginostrobílos |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Polinização                               |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Crescimento da pinha                      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Queda do pinhão                           |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

<sup>(1)</sup>As etapas acima ocorrem todos os anos.

Como a polinização de *A. angustifolia* é feita pelo vento (anemófila), ela é mais efetiva sob tempo seco. Se ocorrer período intensamente chuvoso em setembro/outubro em uma região, a produção de pinhões após quase 2 anos será baixa, devido à menor taxa de fecundação. Cada androstróbilo da araucária pode produzir milhões de grãos de pólen, os quais são relativamente grandes e sem vesícula aerífera, o que determina uma capacidade reduzida para flutuar. Apesar disso, por análises de DNA foi detectado que o pólen pode viajar mais de 2 km de distância de araucárias masculinas isoladas para polinizar e formar sementes nas araucárias femininas.

## 5 Ocorrência de plantas monoicas em *A. angustifolia*

Pelo seu sistema sexual as plantas em geral são definidas como: 1) Hermafroditas: quando cada indivíduo da espécie apresenta flores completas, contendo os órgãos sexuais masculinos e femininos na mesma flor, o que normalmente permite a autofecundação; 2) Monoicas: cada indivíduo da espécie possui flores masculinas e femininas em estruturas separadas; 3) Dioicas: quando cada indivíduo da espécie apresenta flores de apenas um sexo, ou seja, tem árvores masculinas e femininas separadas. A maioria das plantas no mundo são hermafroditas e a minoria são dioicas ou monoicas.

Como a maioria das espécies do gênero *Araucaria*, *A. angustifolia* é dioica e, conseqüentemente, se reproduz por polinização cruzada. Por isso, para que haja a produção de sementes (pinhões) nas araucárias femininas, existe dependência do pólen oriundo das araucárias masculinas. Quanto mais perto estiverem as araucárias masculinas das femininas maior será a produção de pinhões.

Mas, de forma rara ocorrem algumas plantas monoicas de *A. angustifolia*, já detectadas nos três estados do Sul do Brasil. Estas araucárias apresentam pinhas (ginostróbilos) e mingotes (androstróbilos) localizados lado a lado em ramos secundários (Figura 4).

Apesar de as araucárias monoicas terem sido descritas pela primeira vez no Brasil no livro *Flora Ilustrada Catarinense – Araucariaceas* (REITZ; KLEIN, 1966), com exemplares de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, poucos trabalhos têm sido feitos com esta forma de araucária, talvez devido à raridade do fenômeno. Em 2016, foram realizadas excursões para conhecer 11 araucárias monoicas, as



**Figura 4.** Ramo de araucária monoica localizada em Curitiba, PR, contendo pinha e androstróbilo (mingote) próximos.

quais estão distribuídas nos três estados do Sul do Brasil (Tabela 3). Acredita-se que muitas outras araucárias monoicas devam existir em outros locais além destes citados, porém é necessária maior atenção para serem detectadas.

**Tabela 3.** Exemplos de araucárias monoicas visitadas para observação e coleta de pinhões nos três estados do Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul).

| Local                                    | Latitude (Sul) | Longitude (Oeste) | Altitude (m) |
|--|----------------|-------------------|--------------|
| Curitiba, PR                             | 25°25'         | 49°15'            | 915          |
| Guarapuava, PR <sup>(1)</sup>            | 25°21'         | 51°28'            | 1070         |
| Palmas, PR <sup>(1)</sup>                | 26°28'         | 51°56'            | 1130         |
| São Lourenço do Oeste, SC <sup>(1)</sup> | 26°21'         | 52°49'            | 825          |
| São Domingos, SC                         | 26°31'         | 52°36'            | 705          |
| São Cristovão do Sul, SC                 | 27°17'         | 50°22'            | 1040         |
| Aratiba, RS <sup>(1)</sup>               | 27°27'         | 52°18'            | 540          |

<sup>(1)</sup> Nestes locais foram encontradas duas araucárias monoicas próximas entre si.

As causas da monoicia em araucária ainda não foram elucidadas. Reitz e Klein (1966) verificaram na araucária monoica de Canoinhas, SC, que os estróbilos masculinos estavam morfologicamente anormais, devido à infecção pelo fungo *Uleiella paradoxa* Schröt. Por isso, os autores concluíram que a monoicia desta araucária poderia estar sendo causada pela infecção do fungo,

embora também admitissem a possibilidade de ocorrer devido a traumas, por exemplo, decorrentes de cortes, como verificado em outras espécies. Por outro lado, Stefenon e Caprestano (2009) concluíram que, no exemplar de araucária monoica encontrado em Lages, SC, os estróbilos femininos e masculinos e os grãos de pólen apresentavam morfologia normal (semelhantes aos de araucárias dioicas) e sem incidência de injúrias mecânicas ou infecções por fungos, demonstrando que outros motivos devem ser a causa da monoiccia da espécie.

Por análise de DNA em progênies de araucárias monoicas e dioicas, Danner et al. (2013) verificaram que as monoicas podem gerar pinhões férteis por autofecundação, pois isto foi conseguido a partir da fecundação dirigida entre pinhas e pólen de uma araucária monoica de Curitiba, PR. As mudas destes pinhões tiveram crescimento aparentemente normal. Estes resultados mostram que há compatibilidade entre pólen e óvulo e sincronia na maturação entre estróbilos dos dois sexos das araucárias monoicas. Porém, sob polinização livre, os pinhões gerados em araucárias monoicas apresentaram taxa de cruzamento de 94-95%, ou seja, com baixa taxa de autofecundação. Assim, com disponibilidade de pólen vindo de outras araucárias masculinas, as araucárias monoicas parecem ter a capacidade genética de priorizar os embriões gerados por cruzamentos. Esta é uma forma de evitar a provável depressão do vigor (endogamia) nas progênies de autofecundação.

As araucárias monoicas têm um potencial de produzir sementes (pinhão) e pólen na mesma planta, diferentemente das dioicas. Quando plantados pinhões de araucárias dioicas, em torno de 50% das plantas da progênie serão femininas e 50% masculinas. Este potencial das monoicas pode ser aproveitado para a formação de pomares obtendo-se mudas clonadas por enxertia de matrizes monoicas com boa produção de pinhões, dispensando a colocação de plantas machos e, portanto, melhorando a ocupação da área.

Não há informações concretas acerca da herança da monoiccia nas progênies de araucárias monoicas. Reitz e Klein (1966) plantaram três araucárias filhas de uma araucária monoica no Parque Botânico do Morro do Baú, em Santa Catarina. Porém, com mais de 40 anos, as plantas não tinham apresentado estróbilos, nem masculinos e nem femininos. Esta informação leva a crer que a monoiccia ocorrida na matriz possa não ser herdável e, além disso, gera filhos estéreis. Esta é uma hipótese baseada em um único caso. Para confirmar ou refutar tal hipótese, deveriam ser obtidas progênies (filhos) de araucárias monoicas e comparadas entre si quanto à herança do sexo (se serão monoicas

ou dioicas, se terão diferentes taxas de tipos sexuais, ou se realmente serão estéreis). Também deveria ser comparada com filhos de araucárias dioicas para verificar se a taxa de crescimento seria similar ou se as progênes das monoicas apresentariam redução do vigor (endogamia).

## 6 Polinização dirigida em *A. angustifolia*

A polinização dirigida pode ser uma importante ferramenta no melhoramento genético de *A. angustifolia*, para aumentar os ganhos genéticos das características de interesse, pois permite efetuar cruzamentos entre genitores que não se cruzariam na natureza, devido à grande distância que os separam. Porém, face à dificuldade de serem feitas hibridações dirigidas em árvores de grande porte, estes trabalhos são raros.

Na década de 1950, foram realizadas na Argentina, hibridações em que uma árvore de *A. angustifolia* foi polinizada com pólen de *A. araucana*. Apesar de as duas espécies ocorrerem separadas por mais de 2.000 km, e da maturação do pólen e receptividade dos ginostrobilos ocorrerem em épocas diferentes (pólen foi armazenado por 10 meses), houve viabilidade dos cruzamentos, com a formação de 2-3 pinhões por pinha. Foram obtidos 68 híbridos interespecíficos, e a posterior avaliação da progênie demonstrou que as características da árvore materna (*A. angustifolia*) foram dominantes e houve rapidez de crescimento após 5 anos do cruzamento, como descrito em Tesdorff (1956). A viabilidade dos cruzamentos entre as duas espécies provavelmente ocorreu por terem o mesmo número de cromossomos. Isto ocorre para todas as espécies da família Araucariaceae, incluindo as 19 espécies do gênero *Araucaria* e as duas espécies dos gêneros *Wollemia* e *Agathis*, em que o número de cromossomos é  $2n = 26$ .

Foi desenvolvida uma metodologia de polinização controlada para *A. angustifolia* (ANSELMINI; ZANETTE, 2012). Os autores recomendam pelo menos duas polinizações em semanas sequenciais, polvilhando com um borrifador quantidade abundante de pólen (recém coletados do genitor masculino) nos ginostrobilos (futuras pinhas) com mais de 30 mm de diâmetro (Figura 5). Estes procedimentos aumentam a produção de pinhões por pinha, o que é importante para obtenção dos híbridos.

Fotos: Flávio Zanette

Foto: Ivar Wendling



**Figura 5.** Metodologia de polinização controlada em *A. angustifolia*: A) botão reprodutivo fechado; B) retirada das acículas que circundam o botão reprodutivo; C) isolamento do botão fechado com saco plástico; D) botão reprodutivo isolado em agosto; E) coleta de pólen em plantas masculinas durante a época de polinização, setembro e outubro; F) polinização sobre o ginostrobilo aberto; G) ginostrobilo isolado após a polinização controlada.

Com esta metodologia foram obtidas progênies de dez combinações híbridas de *A. angustifolia* na Universidade Federal do Paraná (UFPR), com cinco matrizes femininas da cidade de Curitiba e pólen oriundo de seis genitores masculinos de Pato Branco e Guarapuava, no Paraná, e de Lages, em Santa Catarina. Com o uso de marcadores moleculares do tipo microssatélites, foi demonstrado que todos os híbridos gerados foram confirmados, ou seja, a metodologia de proteção da pinha com saco plástico após a polinização dirigida foi eficiente para evitar contaminação com pólen não desejado. Além disso, verificou-se alta diversidade genética gerada nas progênies oriundas das hibridações dirigidas e combinações de alelos que não seriam possíveis na natureza, devido à grande distância física entre os genitores.

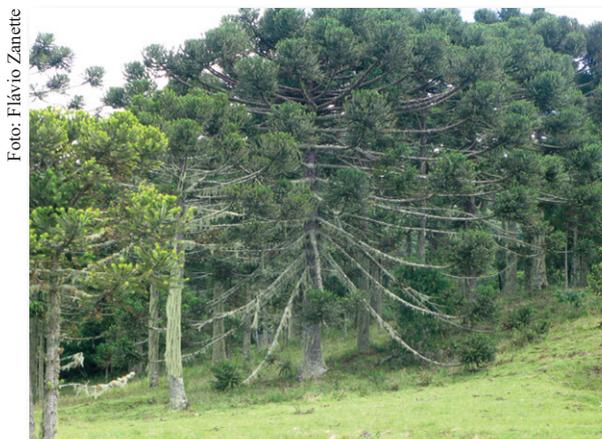
## **7 Araucárias com alto potencial para produção de pinhões**

Tem sido observado grande interesse no plantio de araucária, principalmente de genótipos que sejam altamente produtivos e, ou diferenciados em termos de época de produção e características de pinhão. Neste sentido, estão sendo realizados trabalhos de seleção, coleta e caracterização de germoplasma de araucárias produtivas ou com outras características de interesse para a produção de pinhões pelos grupos de pesquisa da Embrapa Florestas, Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Pato Branco.

Tradicionalmente os pinhões são muito consumidos no Sul do Brasil durante o outono e inverno, pois trata-se de um alimento rico em carboidratos (principalmente amido), em proteínas, fibras, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas, constituindo uma excelente fonte de energia. A importância econômica e social do pinhão é significativa, principalmente nos Estados de ocorrência natural da araucária, onde centenas de famílias de baixa renda têm no pinhão, obtido de povoamentos naturais, sua principal fonte de renda anual. Também apresenta importância ecológica uma vez que o pinhão é o principal alimento no inverno para muitos mamíferos e aves que vivem nas florestas com araucária.

Para uma araucária ter alta produção de pinhões, primeiramente deve conter alto número de pinhas e, em segundo lugar, as pinhas devem ser polinizadas

(dependência da disponibilidade de araucárias masculinas próximas). O número de pinhas é dependente do número de ramos produtivos por planta e de pinhas por ramo. Por isso deve ser evitada a remoção dos ramos, preservando-os o mais próximo possível do solo nas plantas adultas. Essa condição proporciona maior produtividade, além de facilitar parte da colheita das pinhas (Figura 6).



**Figura 6.** Arquitetura de copa de uma araucária adulta apresentando densa ramificação estendendo-se até próximo do solo.

Podem ocorrer dois tipos de formação de pinhas nas araucárias, apenas nos ramos primários ou nos ramos primários e secundários (grimpas) conjuntamente. As plantas mais produtivas são aquelas com pinhas nos dois tipos de ramos, podendo chegar a ter 10 a 20 pinhas em mesmo estágio de desenvolvimento por ramo.

Em populações naturais de araucária, a produtividade de pinhão observada é geralmente baixa, devido ao baixo número de ramos mantidos nas plantas sombreadas na mata e na baixa densidade de araucárias femininas produtivas (15 a 20 plantas/ha). O número médio encontrado é de 4 a 20 pinhas por araucária e produção de 20 kg a 200 kg de pinhão por hectare.

Por outro lado, araucárias crescendo em ambiente aberto geralmente produzem maior número de pinhas em relação àquelas que estão em áreas florestais. Quando polinizadas produzem grandes quantidades de pinhões. Uma araucária localizada em área urbana de Caçador, SC, é diferenciada pela sua produção: de 2008 a 2016 produziu 374, 398, 212, 216, 223, 268, 342, 674 e 539 pinhas,

respectivamente. Em 2016 esta araucária produziu aproximadamente 160 kg de pinhão nas 539 pinhas. Além desta, também pode ser mencionada outra araucária localizada em Bom Retiro, SC, com produtividade de 380 pinhas em 2011 (Figura 7).

Fotos: Flávio Zanette (A, B, C) e Charles Grüttner (D)



**Figura 7.** Araucárias com alta produção de pinhas. A) araucária de Caçador, SC, com aproximadamente 30 anos; B e C) detalhe da produção de pinhas nos ramos primários e também nas grimpas da araucária de Caçador; D) pinhas retiradas da araucária de Bom Retiro, SC.

Os plantios de araucária para produção de pinhões devem ser incentivados, pois, além de poder proporcionar elevada geração de renda, estudos têm demonstrado que as florestas plantadas de araucária são úteis para manter a diversidade genética da espécie. Antes de um eventual plantio é importante conhecer algumas questões relacionadas à espécie. A araucária demora muito para produzir, além do mais, quando o plantio é efetuado por meio de sementes, não se sabe o sexo

das plantas geradas. Embora a araucária demore de 12 a 15 anos para iniciar a produção após plantio, pode produzir pinhões por mais de 200 anos. Nos primeiros anos de crescimento das mudas de araucária, as entrelinhas podem ser cultivadas com culturas agrícolas anuais, ou mesmo perenes como a erva-mate, para gerar renda na área e amortizar os custos de manutenção (Figura 8).



Foto: Flávio Zanette

**Figura 8.** Araucária com erva-mate na Região de Cascavel, PR, com 9 anos de idade.

Para obter boa rentabilidade em plantios de araucária, é necessário efetuar o manejo adequado para aumentar a produção de pinhões. Deve-se utilizar espaçamentos mais amplos do que aqueles usados quando o objetivo for a produção de madeira (ver detalhes e discussões no Capítulo 4, item 9. Estratégias para plantio em campo de mudas enxertadas, deste livro), não realizar desbaste de ramos e plantar mudas de araucárias selecionadas para alta produção de pinhões e propagadas por enxertia (Figura 9). A propagação por enxertia pode permitir a antecipação do início da produção de pinhões e também a escolha do sexo da planta a ser gerada, se masculina ou feminina, para compor o pomar.

Em condições ideais, considerando média de oito ramos por verticilo e cinco pinhas por ramo nas araucárias adultas, o potencial é de 64 ramos produtivos em uma única planta e 320 pinhas. Assim, se cada pinha tem cerca de 80 pinhões cheios e média de 6 g por pinhão, tem-se o equivalente a 480 g de pinhão por pinha e 153,6 kg de pinhão por araucária. Então, se for realizado um plantio de araucária em espaçamento 10 m x 10 m, com densidade de 70 plantas

Foto: Flávio Zanette



**Figura 9.** Plantio de araucárias enxertadas (70% fêmeas e 30% machos) destinadas à produção de pinhões, com espaçamento amplo nas entrelinhas.

femininas e 30 masculinas (propagadas por enxertia), a produtividade seria de 10.752 kg ha<sup>-1</sup>. Se o kg do pinhão in natura for vendido a apenas R\$ 1,00, a renda bruta gerada seria de R\$ 10.752,00 ha<sup>-1</sup>.

Foram descritas nove variedades de *A. angustifolia*, com diferenças principalmente na coloração e na época de amadurecimento dos pinhões por Reitz e Klein (1966): *A. angustifolia* var. *sancti-josephi* (pinheiro-são-josé), que é a variedade mais precoce, com sementes maduras de fevereiro a março; *A. angustifolia* var. *alba* (pinheiro-branco), com pinhões brancos ou branco amarelados quando verdes, mas avermelhados quando maduros; *A. angustifolia* var. *angustifolia* com pinhões vermelhos que amadurecem de abril a maio; *A. angustifolia* var. *indehiscens* (pinheiro-macaco), mantém suas sementes presas às pinhas até dezembro, após o amadurecimento dos pinhões, que ocorre de julho à setembro; *A. angustifolia* var. *nigra* (pinheiro-preto) com pinhões de coloração vermelho-escuro, quase pretos; *A. angustifolia* var. *caiova* (pinheiro-caiová), com pinhões maduros entre junho e julho; *A. angustifolia* var. *estriata* (pinheiro-rajado), com pinhões vermelhos com estrias vermelho-escuras; *A. angustifolia* var. *semi-alba* (pinheiro-de-ponta-branca), apresenta pinhões no início com a ponta branca, que depois tornam-se totalmente vermelhos e amadurecem de agosto a setembro; *A. angustifolia* var. *elegans* (pinheiro-elegante), com ramos delgados e numerosos, acículas menores e mais densas. Os referidos autores descreveram também *A. angustifolia* forma monoica, não

considerada uma variedade botânica como as demais, pois não havia (e ainda não há) prova concreta de que este caráter é hereditário.

Outras duas variedades de araucária e uma forma adicional foram descritas por Mattos (1994): *A. angustifolia* var. *dependens* (pinheiro-chorão), com grimpas ou ramos secundários não ramificados e pendentes; *A. angustifolia* var. *vinacea*, em que a planta desprende placas de casca do tronco de cor vinácea; *A. angustifolia* forma *catharinensis*, que apresenta os pinhões com a bráctea superior ultrapassando em comprimento a bráctea da face inferior, a qual é uma planta rara.

Assim, em um pomar de araucárias plantadas é teoricamente possível também reunir variedades para produzir pinhões praticamente em todos os meses do ano, o que proporcionaria o escalonamento da produção e maior rentabilidade (Tabela 4).

**Tabela 4.** Época de maturação de pinhões de cinco variedades de *A. angustifolia*, segundo descrição de Reitz e Klein (1966).

| Variedade             | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>sancti-josephi</i> |     | ■   | ■   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>angustifolia</i>   |     |     |     | ■   | ■   |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>caiova</i>         |     |     |     |     |     | ■   | ■   |     |     |     |     |     |
| <i>semi-alba</i>      |     |     |     |     |     |     |     | ■   | ■   |     |     |     |
| <i>indehiscens</i>    | ■   |     |     |     |     |     |     |     | ■   | ■   | ■   | ■   |

Fonte: Danner et al. (2012).

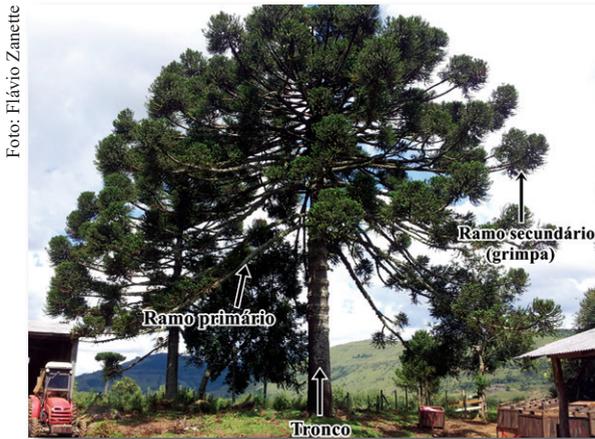
Em estudos com uma araucária de Pato Branco, PR, que produz pinhões com sabor mais doce que as demais, verificou-se que o teor de açúcares solúveis nestes pinhões é maior. Este caractere traz um sabor agradável ao paladar, sendo mais um atrativo ao consumo destes pinhões.

Todas as araucárias com características de interesse aqui citadas estão sendo multiplicadas por pinhões e em alguns casos por enxertia, para disponibilização das mudas visando fomentar futuros plantios. Também serão utilizadas no estabelecimento de bancos de germoplasma para conservação e seleção em futuros programas de melhoramento genético da espécie. Cabe salientar que conhecimentos populares indicam a existência de inúmeras outras características

de interesse diferentes em plantas de araucária, as quais ainda necessitam ser confirmadas e estudadas.

## 8 Aspectos morfológicos e morfogênicos de *A. angustifolia*

O comportamento morfogênico de *A. angustifolia* tem algumas particularidades muito importantes para a sua propagação vegetativa e especialmente para a produção de pinhões. Uma araucária tem seu caule composto por três elementos completamente distintos morfogenicamente: 1) tronco ortotrópico (vertical, ortotrópico); 2) ramos primários (horizontais, plagiotrópicos); 3) ramos secundários (grimpas ou sapês) (Figura 10).



**Figura 10.** Subdivisão da arquitetura de copa de *A. angustifolia* em três elementos distintos morfogenicamente: tronco, ramos primários e ramos secundários (grimpas).

O tronco ortotrópico apresenta crescimento longitudinal finito (60 a 70 anos) e crescimento radial ilimitado (Figura 11).

Fotos: Flávio Zanette



**Figura 11.** Arquitetura de copa de *A. angustifolia*: A) crescimento em altura interrompido, porém ainda crescendo em diâmetro; B) interrupção da atividade do meristema apical.

Os ramos primários com crescimento plagiotrópico (horizontal) são dispostos no tronco em verticilos regulares em número de seis a oito, com alongamento ilimitado, mas com crescimento radial definido. A distância entre os verticilos diminui com a idade da planta. Na inserção do ramo no tronco se forma o famoso nó de pinho. As pesquisas com estaquia e enxertia realizadas até o momento indicam que a reversão do tropismo é possível, embora, até o momento, não seja possível a conversão de ramo em tronco e vice-versa. Os botões florais ocorrem como uma ramificação que, com a indução do meristema primário vegetativo, passa a ser florífero. Na região do crescimento longitudinal, onde são formados os ramos secundários, formam-se as pinhas com uma a quatro no verticilo. Dificilmente ocorre a formação de pinhas, no mesmo ano, em mais de um verticilo.

A poda dos ramos de araucária provoca a bifurcação e, com isso, poderá aumentar a produção de pinhas. Testes feitos em fêmeas e machos mostraram que as brotações surgidas nos ramos em produção podados apresentaram estruturas reprodutivas com 3 anos de idade. Wendling (2011, 2015) observou que as brotações com tendência ao crescimento ortotrópico retiradas de ramos

primários apresentaram estruturas reprodutivas aos 4 e 6,5 anos após a enxertia, respectivamente, para plantas masculinas e femininas.

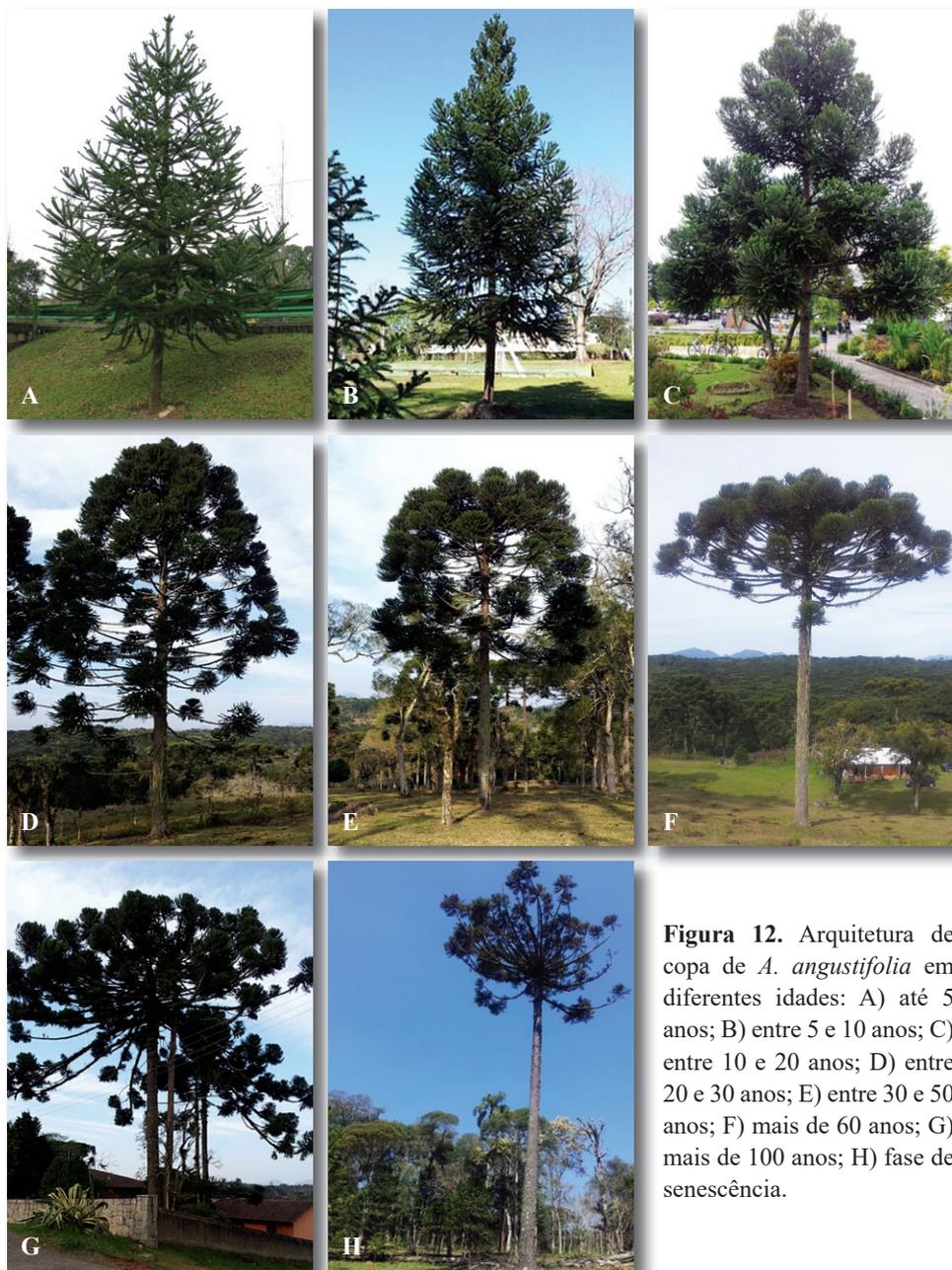
Os ramos secundários (grimpas) são flexíveis e têm crescimento anatópico (sem direção preferencial). Geralmente apresentam ciclo de vida limitado entre 5 e 7 anos e depois secam juntamente com as acículas que correspondem às folhas da araucária. Formam-se na extremidade dos ramos primários e seu plastocromo (formação) é contínuo, enquanto viver a planta. Em alguns indivíduos a formação dos ginostrobilos (pinhas) pode ocorrer também nos ramos secundários, como é o caso das flores masculinas (androstróbilos). Esta característica representa aumento na capacidade de produção de pinhões.

A arquitetura da copa se assemelha a um cone quando jovem, com ramos podendo estender-se desde a base quando não há competição. Na fase adulta/senil tem a forma de guarda-chuva, quando o número de ramos diminui e suas extremidades se curvam para cima (Figura 12).

Estudos demonstraram que há baixo número de indivíduos jovens de araucária em florestas fechadas (sob sombreamento) e a falta de regeneração natural dificulta sua sobrevivência (Figura 13). Indivíduos jovens de araucária são mais frequentemente encontrados em sítios com dossel mais aberto, portanto, com maior luminosidade, demonstrando que a regeneração depende de clareiras na floresta ou outros locais abertos. É importante ressaltar que a araucária deve ter sobrevivido até então, ocupando espaços abertos como os campos dos planaltos subtropicais do Sul do Brasil.

Assim, programas de reflorestamentos de araucária devem prever o plantio das mudas em área a pleno sol ou com baixo sombreamento, pois indivíduos sob forte sombreamento tem baixo crescimento em diâmetro (Figura 14).

Fotos: Flávio Zanette



**Figura 12.** Arquitetura de copa de *A. angustifolia* em diferentes idades: A) até 5 anos; B) entre 5 e 10 anos; C) entre 10 e 20 anos; D) entre 20 e 30 anos; E) entre 30 e 50 anos; F) mais de 60 anos; G) mais de 100 anos; H) fase de senescência.



**Figura 13.** Efeito do sombreamento no desenvolvimento de *A. angustifolia*: A) plantio didático mostrando gradiente de crescimento onde as plantas situadas abaixo da copa de outras árvores apresentam menor crescimento; B) Araucária com idade aproximada de 5 anos com crescimento inibido sob mata fechada.



**Figura 14.** Diferença no crescimento em diâmetro de duas araucárias com 10 anos de idade. Tronco da esquerda é de araucária que estava intensamente sombreada e tronco da direita de araucária crescida em pleno sol.

## Referências

- ANSELMINI, J. I.; ZANETTE, F. Polinização controlada em *Araucaria angustifolia*. **Cerne**, v. 18, n. 2, p. 247-255, 2012.
- BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 246, seção 1, p. 1-4, 26 dez. 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução normativa nº 6 de 23 de setembro de 2008. Lista as espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção e com deficiência de dados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 185, seção 1, p. 75-85, 24 set. 2008.
- DANNER, M. A.; RIBEIRO, J. Z.; ZANETTE, F.; BITTENCOURT, J. V. M.; SEBBENN, A. M. Mendelian segregation in eight microsatellite loci from hand- and open-pollinated progenies of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze (Araucariaceae). **Silvae Genetica**, v. 62, n. 1-2, p. 18-25, 2013.
- DANNER, M. A.; ZANETTE, F.; RIBEIRO, J. Z. O cultivo da araucária para produção de pinhões como ferramenta para a conservação. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 441-451, 2012. DOI: 10.4336/2012.pfb.32.72.441.
- MATTOS, J. R. **O pinheiro brasileiro**. 2. ed. Lages: Artes Gráficas Princesa, 1994. 225 p.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M. **Araucariaceae**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 29 p.
- STEFENON, V. M.; CAPRESTANO, C. A. Monoicy in *A. angustifolia* (Bert.) O. Kuntze (Araucariaceae): I. Morphological aspects of the reproductive structures. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 81, n. 4, p. 701-705, 2009.
- TESDORFF, H. Experimentos de cruzamentos com *Araucaria araucana* (Molina) Koch e *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Jornal de Genética Florestal e Melhoramento Florestal**, v. 5, p. 79-82, 1956.
- WENDLING, I. **Enxertia e florescimento precoce em *Araucaria angustifolia***. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 7 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 272).
- WENDLING, I. **Tecnologia de enxertia de *Araucaria angustifolia* para produção precoce de pinhões, com plantas de porte reduzido**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 7 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 351).

