

Araucária

particularidades, propagação e
manejo de plantios

Ivar Wendling
Flávio Zanette
Editores técnicos



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

Araucária

particularidades, propagação e manejo de plantios

Ivar Wendling

Flávio Zanette

Editores técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba

83411-000, Colombo, PR, Brasil

Caixa Postal 319

Fone: 41 3675-5600

www.embrapa.br

www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição

Embrapa Florestas

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente

Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente

José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva

Neide Makiko Furukawa

Membros

Luis Cláudio Maranhão Froufe

Maria Izabel Radomski

Marilice Cordeiro Garrastazu

Valderes Aparecida de Sousa

Álvaro Figueredo dos Santos

Giselda Maia Rego

Guilherme Schnell e Schühli

Ivar Wendling

Supervisão editorial

Patrícia Póvoa de Mattos

José Elidney Pinto Júnior

Revisão de texto

José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica

Francisca Rasche

Projeto gráfico/Editoração eletrônica

Neide Makiko Furukawa

Capa

Neide Makiko Furukawa

Fotos capa

Ivar Wendling (direita e esquerda)

Flávio Zanette (três centrais)

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

Araucária: particularidades, propagação e manejo de plantios / Ivar Wendling,

Flávio Zanette, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.

159 p. : il. color. ; 22,5 cm x 16,5 cm.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/item/14>>

Título da página da web (acesso em 12 jun. 2017).

ISBN 978-85-7035-682-6

1. Araucária angustifolia. 2. Enxertia vegetal. 3. Estaquia. 4. Miniestaquia. 5. Plantio. 6. Manejo florestal. 7. Pinhão. 8. Madeira. I. Wendling, Ivar. II. Zanette, Flávio. III. Embrapa Florestas.

CDD 21. ed. 634.9751

© Embrapa 2017

Autores

Carlos André Stuepp

Engenheiro florestal, doutor em Produção Vegetal,
professor de Silvicultura da Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR

Evaldo Muñoz Braz

Engenheiro florestal, doutor em Ciências Florestais,
pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Flávio Zanette

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia,
professor da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

Helena Cristina Rickli-Horsti

Bióloga, doutora em Produção Vegetal,
Curitiba, PR

Ivar Wendling

Engenheiro florestal, doutor em Ciências Florestais,
pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Moeses Andrigo Danner

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal,
professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR

Patricia Pova de Mattos

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

Rafaella de Angeli Curto

Engenheira florestal, doutora em Engenharia Florestal,
professora da Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT

Sylvio Pellico Netto

Engenheiro florestal, doutor em Biometria e Inventário Florestal,
professor da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

Valdeci Constantino

Engenheiro florestal, doutor em Produção Vegetal,
Curitiba, PR

Apresentação

A araucária é uma espécie de grande importância social, econômica, ambiental e cultural para as regiões Sul e Sudeste do Brasil e, em vista de sua exploração desenfreada e a falta de incentivos ao seu plantio e manejo, encontra-se na lista oficial de espécies brasileiras ameaçadas de extinção.

Mudas de padrão genético e fisiológico superior são fatores de grande importância no estabelecimento de plantios de alto padrão de qualidade, tanto para fins produtivos quanto de recuperação ambiental. Ademais, critérios técnicos eficientes para o manejo de plantios de araucária são essenciais para um melhor aproveitamento do seu potencial madeireiro. Assim, este livro reúne os principais resultados de trabalhos relacionados a particularidades e biologia reprodutiva, propagação, produção mudas e critérios de manejo de araucária. Este apresenta uma série de tecnologias disponíveis, suas aplicações, vantagens e desvantagens, visando contribuir ao desenvolvimento de uma silvicultura sustentável, bem como à conservação da espécie mediante o seu uso. Sua apresentação, tanto atende ao público que interage com pesquisa e desenvolvimento pela significativa quantidade de referências, como a extensionistas, estudantes, produtores, e demais interessados pelo tema.

Sérgio Gaiad

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Sumário

Capítulo 1

Particularidades e biologia reprodutiva de *Araucaria angustifolia*

1	Introdução	15
2	O gênero <i>Araucaria</i>	17
3	Origem de <i>A. angustifolia</i>	17
4	Botânica e biologia reprodutiva de <i>A. angustifolia</i> .	18
5	Ocorrência de plantas monoicas em <i>A. angustifolia</i>	23
6	Polinização dirigida em <i>A. angustifolia</i>	26
7	Araucárias com alto potencial para produção de pinhões	28
8	Aspectos morfológicos e morfogênicos de <i>A. angustifolia</i>	34
	Referências.....	39

Capítulo 2

Produção de mudas de araucária por semente

1	Introdução	43
2	Etapas da produção de mudas por sementes.....	43

2.1	Sementes e sua obtenção	43
2.2	Armazenamento das sementes	44
2.3	Teste para verificação da viabilidade das sementes	46
2.4	Substratos e recipientes.....	47
2.5	Semeadura e germinação.....	51
2.6	Adubação das mudas	54
2.7	Tamanho das mudas para plantio no campo	55
2.8	Tratos culturais	57
2.9	Semeadura direta no campo.....	57
3	Fluxograma geral da produção de mudas por sementes	58
	Referências.....	60

Capítulo 3

Produção de mudas de araucária por estaquia e miniestaquia

1	Introdução	65
2	Produção de mudas de araucária por estaquia	66
2.1	Índices de enraizamento.....	67
2.2	Tipo de propágulo e tratamento asséptico	69
2.3	Reguladores vegetais e cofatores para o enraizamento	71
2.4	Substratos e recipientes para o enraizamento	72
2.5	Ambiente de enraizamento	73
2.6	Aclimatação, rustificação e adubação das mudas.....	75
2.7	Jardim clonal de campo	76
2.8	Sequência esquemática da técnica de estaquia.....	78
2.8.1	Seleção da planta matriz	78
2.8.2	Resgate da planta matriz	79
2.8.3	Coleta e transporte das brotações e preparo das estacas	81
2.8.4	Desinfestação das estacas e equipamentos.....	83

2.8.5	Enraizamento, aclimação, crescimento e rustificação	84
2.9	Fluxograma geral da técnica de estaquia de araucária	86
3	Produção de mudas de araucária por miniestaquia.....	88
3.1	Minijardim clonal.....	88
3.2	Índices de enraizamento.....	91
3.3	Tipo de propágulo e tratamento asséptico	92
3.4	Reguladores vegetais	92
3.5	Recipientes e substratos para o enraizamento.....	93
3.6	Ambiente de enraizamento.....	93
3.7	Aclimação, rustificação e adubação das mudas.....	94
3.8	Seqüência esquemática da técnica de miniestaquia.....	95
3.8.1	Formação e manejo do minijardim clonal	95
3.8.2	Coleta e transporte das brotações e preparo das miniestacas	97
3.8.3	Tratamentos pós-colheita nas miniestacas e equipamentos	98
3.8.4	Enraizamento, aclimação, crescimento e rustificação	98
3.9	Fluxograma geral da técnica de miniestaquia de araucária	99
4	Avaliação em campo de mudas produzidas por propagação vegetativa.....	101
5	Considerações gerais	103
	Referências.....	104

Capítulo 4

Produção de mudas de araucária por enxertia

1	Introdução.....	109
2	Importância e uso da enxertia para espécies florestais	109
3	Aspectos básicos sobre enxertia	110
3.1	União e formação do enxerto.....	110
3.2	Tipos de porta-enxertos.....	112

3.3	Relação entre enxerto e porta-enxerto	112
3.4	Incompatibilidade na enxertia.....	113
4	Fatores que influenciam o sucesso da enxertia	115
5	Revisão sobre estudos de enxertia da araucária.....	117
6	Etapas e ações envolvidas na enxertia de araucária.....	119
6.1	Seleção e resgate da planta matriz	119
6.2	Formação dos porta-enxertos.....	122
6.3	Coleta e transporte das brotações	124
6.4	Locais e estruturas para realização da enxertia	125
7	Métodos de enxertia para araucária	125
7.1	Enxertia por borbulhia de placa	126
7.2	Enxertia por borbulhia de flauta ou canutilho.....	127
7.2.1	Sequência esquemática da enxertia por borbulhia	128
7.3	Enxertia por garfagem	131
7.3.1	Sequência esquemática da enxertia por garfagem em araucária.....	132
7.4	Enxertia de copa	134
8	Cuidados pós-enxertia	137
9	Estratégias para o plantio no campo de mudas enxertadas.....	137
10	Avaliação em campo de mudas produzidas por enxertia.....	139
11	Considerações finais	141
	Referências.....	142

Capítulo 5

Critérios para o manejo de plantios de araucária para a produção madeireira

1	Introdução	147
2	Competição entre árvores	148

3	Relação diâmetro x copa.....	149
4	Espaço disponível para copa	151
5	Capacidade de suporte de acordo com o diâmetro médio do povoamento.....	152
6	Crescimento em diâmetro	152
7	Tempo de passagem.....	154
8	Crescimento em volume	155
	Referências.....	156

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 m² a 100 m² 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 ± 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

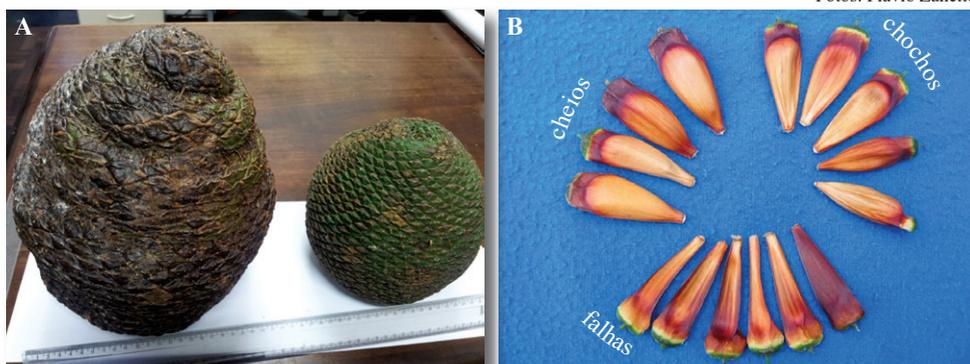


Figura 1. Pinhas de diferentes tamanhos mostrando o potencial para produção de pinhões (A); estruturas de uma pinha (pinhões cheios, chochos e falhas) (B).

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 zoocórica (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 ⁽¹⁾	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 ⁽¹⁾	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																								

⁽¹⁾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

Foto: Flávio Zanette



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 ⁽¹⁾	25°21'	51°28'	1070
Palmas, PR ⁽¹⁾	26°28'	51°56'	1130
São Lourenço do Oeste, SC ⁽¹⁾	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 ⁽¹⁾	27°27'	52°18'	540

⁽¹⁾ 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 monoicia 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 monoicia 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 monoicia 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 progênes 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 progênes 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).



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⁻¹. 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⁻¹.

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).

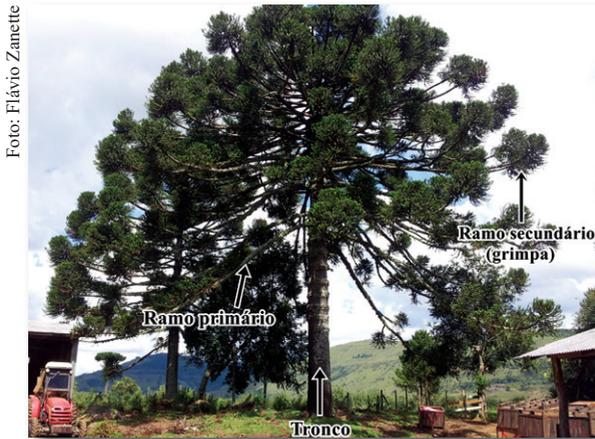


Figura 10. Subdivisão da arquitetura de copa de *A. angustifolia* em três elementos distintos morfogenicamente: tronco, ramos primários e ramos secundários (grimpas).

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

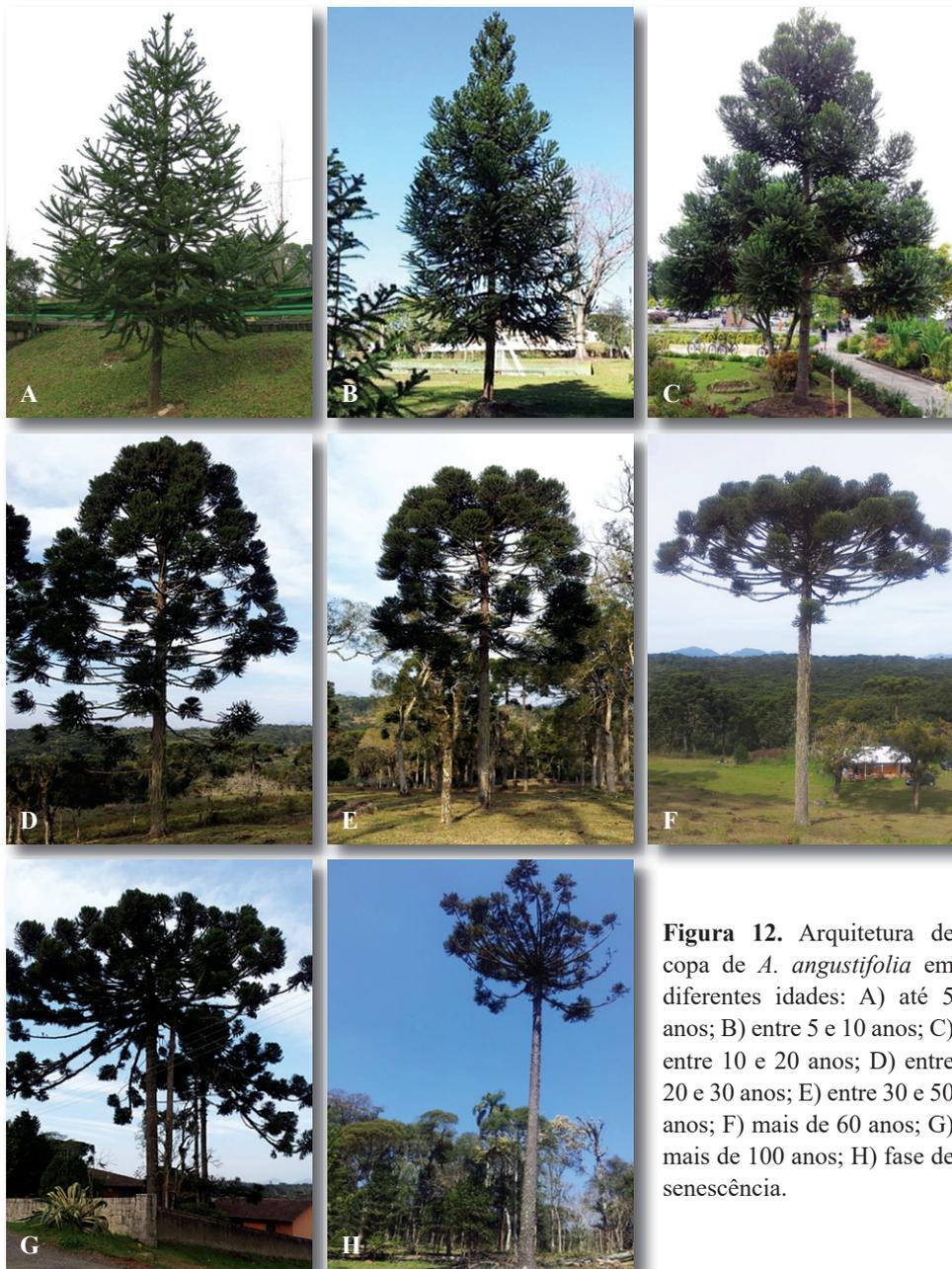


Figura 12. Arquitetura de copa de *A. angustifolia* em diferentes idades: A) até 5 anos; B) entre 5 e 10 anos; C) entre 10 e 20 anos; D) entre 20 e 30 anos; E) entre 30 e 50 anos; F) mais de 60 anos; G) mais de 100 anos; H) fase de senescência.



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).

Capítulo

Produção de mudas de araucária por semente

Ivar Wendling
Carlos André Stuepp
Flávio Zanette

1 Introdução

A formação de plantios florestais depende, dentre outros fatores, da utilização de mudas com qualidade genética e fisiológica, o que proporcionará maiores índices de sobrevivência no plantio e resistência a estresses ambientais, resultando em ganhos em produtividade e em qualidade da matéria-prima.

A produção de mudas de araucária é comumente realizada por sementes, devido à maior facilidade, ao maior domínio da tecnologia pelos produtores, à necessidade de estruturas mais baratas e ao menor custo em relação à propagação vegetativa. Contudo, a dificuldade de armazenamento de sementes viáveis, a produção de mudas com características diferentes da planta matriz (qualidade da madeira, época de produção e qualidade dos pinhões, sexo das plantas) e o longo prazo para o início da produção de pinhões têm constituído desvantagens à produção via sexuada.

As técnicas de produção de mudas a serem adotadas devem atender às necessidades de cada produtor, em termos de disponibilidade e localização da área do viveiro, da quantidade de mudas a serem produzidas, do grau de tecnologia e dos recursos financeiros disponíveis. Independentemente do método utilizado para produção das mudas de araucária, existem uma série de fatores e etapas que determinam o seu sucesso e, em vista da sua importância, o presente capítulo visa descrever os principais estudos desenvolvidos relativos à produção de mudas da espécie disponíveis na literatura. Além disso, sintetiza os resultados obtidos e em desenvolvimento durante vários anos de pesquisa dos autores com a espécie, objetivando oferecer maiores detalhes das tecnologias desenvolvidas para viveiristas, estudantes e pesquisadores do tema.

2 Etapas da produção de mudas por sementes

2.1 Sementes e sua obtenção

O primeiro passo para a produção de mudas de araucária é a aquisição de sementes, as quais amadurecem em períodos variáveis, ocorrendo geralmente nos meses de fevereiro a setembro (ANSELMINI; ZANETTE, 2008; MANTOVANI et al., 2004).

As sementes (pinhões) apresentam casca de cor marrom avermelhada e, comumente, ampla variação em suas características biométricas. É constituída basicamente das seguintes estruturas: 1) endosperma; 2) tegumento; 3) cotilédones; 4) meristema apical; 5) hipocótilo e 6) radícula (BRASIL, 2009). Estudos mostram uma variação na massa das sementes de 3,2 g a 11,7 g, no comprimento de 1,7 cm a 5,9 cm, na largura de 1,4 cm a 2,4 cm e espessura de 0,9 cm a 2,0 cm, com correlação positiva, comprovando a uniformidade no crescimento em tamanho e massa (KRUPEK; RIBEIRO, 2010).

A qualidade fisiológica e genética das sementes é muito importante para a produção de mudas de araucária, uma vez que garante altos índices de germinação e favorece o desenvolvimento futuro das plantas. As sementes da araucária atingem seu ponto ideal de maturação quando se soltam naturalmente das árvores, período em que devem ser coletadas.

Para obter sementes de qualidade, é necessário selecionar árvores saudáveis que apresentem características desejáveis e colher os pinhões dentro das pinhas diretamente do pé. A coleta dos pinhões no chão não é recomendada, pois não se sabe de quais árvores são provenientes e as chances de estarem danificadas ou inviáveis são maiores do que quando coletadas nas árvores. No entanto, quando não for possível a coleta das sementes diretamente da árvore, pode-se coletá-las no chão, tomando-se o grande cuidado para evitar a coleta daquelas atacadas por animais, bem como das que já estão a vários dias caídas no chão.

2.2 Armazenamento das sementes

As perdas de vigor e viabilidade de sementes florestais estão geralmente associadas ao processo deteriorativo, relacionado ao envelhecimento e, quando se trata de sementes recalcitrantes, pouca informação se tem a respeito de seu armazenamento. No passado, recomendava-se de maneira geral que sementes com esta característica fossem mantidas sob elevado grau de umidade e o mais breve possível levadas ao viveiro para semeadura. Já para araucária, a primeira recomendação de armazenamento data da década de 1960, onde indicava-se a possibilidade de manter as sementes a uma temperatura de 5 °C ou em geladeira doméstica, por até cinco meses, quando acondicionadas em recipientes de vidro ou plástico (PRANGE, 1964).

As sementes de araucária são classificadas fisiologicamente como recalcitrantes e tem sua viabilidade sensivelmente associada à redução do grau de

umidade (FOWLER et al., 1999). Apresentam como peculiaridade uma elevada sensibilidade à dessecação, e ao mesmo tempo, uma intolerância ao armazenamento sob baixas temperaturas, dificultando seu armazenamento em períodos prolongados (AMARANTE et al., 2007).

Seu nível crítico de umidade varia entre 40% (TOMPSETT, 1984) e 38% (EIRA et al., 1994), abaixo do qual há perda total de viabilidade. Em estudo desenvolvido por Fowler et al. (1999), a melhor condição de armazenamento foi em ambiente de câmara fria (temperatura de $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e UR $89\% \pm 1\%$) combinado com a embalagem de polietileno de 24 micras de espessura, pois mantiveram 79% do índice de germinação inicial das sementes. O grau de umidade inicial das sementes era de 43%. Já o armazenamento em condições naturais (ar normal) comparado com atmosfera controlada (níveis de O_2 de 2,4 kPa e de CO_2 de 0,6 kPa) e atmosfera modificada (embalagens de polietileno seladas hermeticamente), mostrou-se igual ou superior aos métodos controlados (CAÇOLA et al., 2006).

O tempo de armazenamento tem sido um dos fatores mais importantes na garantia da qualidade e vigor fisiológico das sementes. Caçola et al. (2006) verificaram um aumento no percentual de germinação, velocidade da germinação e o crescimento inicial das plântulas, em sementes de araucária com o aumento do período de armazenamento refrigerado, chegando ao melhor valor aos 60 dias de armazenamento em câmara fria, quando comparadas a sementes utilizadas imediatamente após a colheita ou armazenadas durante períodos longos (120-180 dias). Estes resultados, segundo os autores, possivelmente, podem ser devidos à quebra de dormência secundária durante o período de exposição das sementes a baixas temperaturas, entre $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. A quebra de dormência inicial em sementes de araucária por meio de armazenamento refrigerado já havia sido verificada anteriormente (CARRILLO et al., 2003).

O armazenamento sob baixas temperaturas aumenta o período de viabilidade das sementes de araucária. No entanto, o armazenamento sob temperaturas inferiores a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ resulta em reduzido percentual de germinação, consequência da menor atividade metabólica sob baixas temperaturas, sobretudo a respiração. Já o armazenamento sob temperaturas mais elevadas leva ao consumo acelerado das reservas e, conseqüentemente, à senescência dos tecidos e à perda de vigor (AMARANTE et al., 2007; HENNIPMAN, 2012).

Uma serie de técnicas ou medidas que amenizem as perdas relacionadas ao armazenamento têm sido avaliadas ao longo dos anos. Uma delas é o pré-

tratamento com hipoclorito de sódio a 1%, onde Hennipman (2012) obteve melhor germinação (ao redor de 70%) aos oito meses de armazenamento, onde sementes não tratadas estavam totalmente contaminadas por fungos.

Os benefícios do pré-tratamento de sementes de araucária com hipoclorito de sódio (NaClO) tem ido além da germinação, sobretudo na manutenção da sanidade das sementes em armazenamento, com a redução da contaminação por fungos e redução dos índices de apodrecimento de sementes na germinação. O pré-tratamento com 0,5%, 1% e 3% de NaClO reduziu consideravelmente os índices de ocorrência de fungos de armazenamento como *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp. e *Rhizopus* sp. (MEDEIROS et al., 1992).

2.3 Teste para verificação da viabilidade das sementes

A perda de viabilidade germinativa em sementes de araucária vem sendo discutida há décadas, sobretudo por sua característica recalcitrante, com rápida perda de viabilidade pós-colheita, dificultando sua utilização para fins comerciais. Com isso, a utilização de sementes de araucária para fins de produção de mudas deve ser logo após a sua colheita, ou em curtos períodos de armazenamento, bem como a avaliação de sua viabilidade.

Um teste bastante simples para verificar a viabilidade de sementes de araucária pode ser realizado colocando-as em um recipiente com água (Figura 1) e verificando a submersão destas. Aquelas que boiarem são denominadas sementes chochas ou vazias, geralmente pela falta de fertilização, e não servem

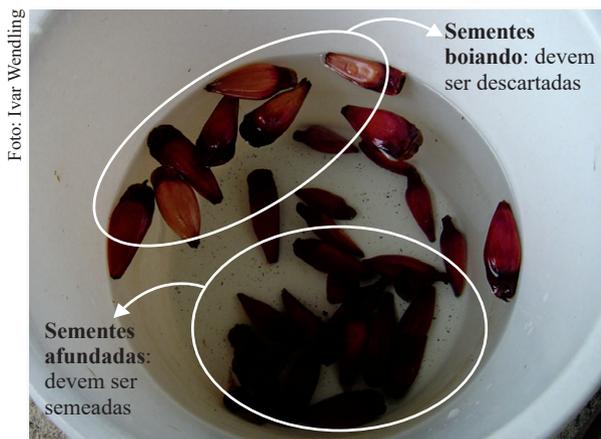


Figura 1. Teste de viabilidade para sementes de araucária.

Fonte: Wendling e Delgado (2008).

para análise ou semeadura; já as que ficarem no fundo podem ser usadas, uma vez que se apresentam completas com endosperma e embrião formados.

A análise de viabilidade de sementes de araucária pode ser realizada de diferentes maneiras, uma delas, citada como método alternativo pelas RAS (BRASIL, 2009) vem sendo aplicado com sucesso. Sua adaptação apresentou bons resultados, seguindo o protocolo que se inicia com a imersão das sementes em água por 18 horas, seguido da remoção do tegumento e megagametófito, com posterior imersão na solução de tetrazólio a 0,1% ou 0,5% a 25 °C, por uma hora (OLIVEIRA et al., 2014).

2.4 Substratos e recipientes

O substrato para a produção de mudas deve apresentar boa textura e estrutura, a fim de permitir perfeita drenagem, arejamento e retenção de água para o adequado desenvolvimento radicular das mudas (KRATZ; WENDLING, 2013). Diversos substratos podem ser utilizados para a produção de mudas de araucária via sementes. A terra retirada das matas nativas não é recomendada devido aos problemas ambientais que essa prática pode acarretar.

Dessa forma, recomenda-se o uso de substratos comerciais florestais e demais formas de substratos alternativos, como misturas de compostos biodegradáveis e renováveis. Bach et al. (2012) avaliando diferentes substratos (100% de latossolo, 50% de latossolo e 50% de vermicomposto, 75% de vermicomposto e 25% de latossolo e 100% de vermicomposto) concluíram que aquele constituído por 100% de vermicomposto proveniente de resíduos do lixo apresentou os melhores resultados para produção de mudas de araucária, além de ter um baixo custo e representar uma solução para o destino do lixo orgânico urbano.

Outros materiais renováveis têm sido avaliados e recomendados para a produção de mudas de espécies florestais e que deveriam ser avaliados para a araucária, tais como: fibra de coco, casca de arroz carbonizada, composto orgânico, entre outros. A melhor formulação de substrato será variável em função da disponibilidade de materiais passíveis de uso para composição dos mesmos, seu custo de produção e qualidade das mudas produzidas.

É comum na região Sul a utilização dos componentes supracitados para produção de mudas florestais, sobretudo pela disponibilidade de alguns provenientes da agroindústria. Wendling e Delgado (2008) indicam três possíveis composições

para a produção de mudas de araucária: 1) 70% de casca de pinus semidecomposta e moída e 30% terra de subsolo; 2) 70% de composto orgânico ou húmus, 20% de moinha de carvão ou casca de arroz carbonizada e 10% de terra de subsolo e; 3) 60% de composto orgânico ou húmus, 20% de moinha de carvão ou casca de arroz carbonizada e 20 % terra arenosa. Os autores indicam também que estas composições são apenas exemplos e devem ser adequadas à realidade e disponibilidade de cada viveiro e região produtora.

Por outro lado, a utilização de substratos comerciais pode ser uma boa alternativa em algumas situações. Rossa et al. (2011), utilizando 60% de produto comercial com formulação de casca de pinus e vermiculita, 30% composto orgânico peneirado e 10% vermiculita de granulometria média, com a aplicação de fertilizantes de liberação controlada reportaram bons resultados na produção de mudas de araucária.

Substratos comerciais podem apresentar algumas vantagens relacionadas à uniformidade da composição química e física, estabilidade de pH e bons teores nutricionais, além dos baixos índices de contaminação, seja por fungos, bactérias e plantas daninhas. No entanto, seu principal entrave está relacionado ao elevado custo de aquisição, dependendo da região produtora e, ou distribuidora. Além disto, é comum a recomendação indiscriminada de substratos comerciais para diferentes espécies, com resultados desconhecidos e muitas vezes inferiores aos esperados.

A associação de micorrizas arbusculares ao sistema radicular de plantas de araucária já foi constatada (ANDREAZZA et al., 2008). No entanto, os benefícios para a nutrição e crescimento desta espécie são pouco conhecidos e praticamente inexistem estudos a respeito. Muitas espécies de fungos de diferentes gêneros (*Glomus*, *Acaulospora*, *Entrophospora* e *Scutellospora*) foram encontradas na rizosfera de plantas de araucária (BREUNINGER et al., 2000). Os poucos estudos que existem até o momento evidenciam bons resultados em raízes infectadas (81%) em estufa, com aumentos no crescimento da ordem de 312% em relação ao controle (ZANDAVALLI et al., 2004).

Os recipientes utilizados para produção de mudas de araucária podem variar em tamanho, formato e tipo de material constituinte. Historicamente, os sacos plásticos sempre foram os mais utilizados em vista, principalmente, de seu baixo custo, facilidade de produção das mudas, bem como a possibilidade de uso em estruturas mais simples. No entanto, seu uso vem diminuindo gradualmente,

devido à grande quantidade de substrato necessário ao seu preenchimento, maior peso da muda pronta, menor produção de mudas por área de viveiro, maior necessidade de mão de obra, dificuldades de transporte, além de gerar resíduos no ato do plantio devido ao seu descarte. Em vista disso, cada vez mais tem-se avaliado e indicado os tubetes plásticos com volume entre 75 cm³ e 210 cm³ acondicionados em bandejas próprias (WENDLING; DELGADO, 2008).

Os tubetes apresentam como vantagens o uso racional da área do viveiro, permitindo o acondicionamento de um maior número de mudas, automatização do sistema de produção, desde o seu enchimento até a semeadura e expedição das bandejas para a área de germinação. Também podem ser reutilizados por vários anos, dependendo da qualidade do plástico utilizado na sua fabricação e do armazenamento adequado. Vale ressaltar que, quanto menor o volume do tubete ou de qualquer outro tipo de recipiente, mais sensíveis à falta de água as mudas serão no local de plantio definitivo.

Uma limitação ao uso de tubetes, principalmente os de volumes menores, relaciona-se ao menor tempo que as mudas podem permanecer no viveiro, em vista do menor volume de substrato, o que pode ser resolvido com um cronograma de produção e plantio em campo mais refinado. No entanto, com o aumento do volume do tubete ou qualquer outro tipo de recipiente, aumentam também os custos de produção das mudas, visto a maior utilização de substrato e outros insumos, bem como a área no viveiro, além dos custos relacionados ao transporte destas mudas ao campo.

Sistemas conjugados substrato/recipiente são aqueles que funcionam como recipiente e substrato ao mesmo tempo. Esses são constituídos de materiais orgânicos (turfas, fibras de coco) prensados, os quais, depois de umedecidos, se expandem. Nos sistemas conjugados substrato/recipiente quando apta ao plantio definitivo, a muda esta é plantada no campo com o material, não havendo necessidade de retirada da embalagem. Assim, haverá redução de mão-de-obra, uma vez que não há necessidade de preparação do substrato, do enchimento das embalagens e da retirada da embalagem na hora do plantio. Além disso, segundo estudos realizados com eucalipto, as mudas produzidas nestes tipos de recipientes podem apresentar melhor desempenho de crescimento no campo, com menor deformação das raízes, quando comparadas com mudas produzidas em tubetes plásticos (LELES et al., 2001).

Recipientes biodegradáveis individualizados, no formato de sacos plásticos e tubetes, também têm sido desenvolvidos e com bons resultados para algumas espécies florestais. Apresentam como vantagens a não necessidade de retirada da embalagem na hora do plantio, aliada à melhor conformação do sistema radicular, sem enovelamento, visto a permeabilidade de suas paredes, possibilitando a passagem das raízes.

Para araucária, o sistema que vem sendo avaliado é o individualizado, envolto por fibras de celulose biodegradáveis no formato de saco plástico, o qual permite que as raízes atravessem a parede do mesmo (Figura 2). Os primeiros resultados indicam uma boa adaptação da espécie ao recipiente, embora ainda não se tenham estudos de longo prazo buscando avaliar a efetividade da degradação das embalagens, bem como a viabilidade econômica da tecnologia para a espécie.

Fotos: Ivar Wendling



Figura 2. Recipientes biodegradáveis em sistema individualizado. Pinhão recém-semeado (à esquerda) e muda de araucária 40 dias após sementeira, mostrando a passagem das raízes pela parede (à direita).

2.5 Semeadura e germinação

Depois de preparados os recipientes contendo o substrato, pode-se iniciar o processo de semeadura. As sementes de araucária não possuem dormência e apresentam alta capacidade de germinação, quando semeadas logo após a coleta. Para acelerar a germinação das sementes, pode-se deixá-las mergulhadas na água em temperatura ambiente, por um período de 24 a 48 horas. A água irá iniciar os processos germinativos, acelerando a germinação das sementes.

A semeadura ocorre diretamente nos recipientes, onde, para recipientes menores, em cada um é colocada uma semente de forma inclinada no substrato, ou seja, a parte mais fina para baixo e um pouco inclinada (Figura 2). Para recipientes maiores, as sementes podem ser colocadas horizontalmente (deitadas) no substrato.

A camada de substrato por cima da semente não deverá ultrapassar uma vez a altura da semente deitada. Uma opção interessante é proceder a pré-germinação das sementes anteriormente à semeadura no substrato. Para tanto, pode-se colocá-las em contato com alta umidade na sombra, o que pode ser conseguido na areia, em sacos de aniagem, etc. Depois de germinadas (Figura 3), as sementes deverão ser plantadas nos recipientes, tomando-se sempre o cuidado de se realizar um furo para colocação da radícula emitida no substrato.

Fotos: Ivar Wendling



Figura 3. Sementes pré-germinadas de araucária.

Fonte: Wendling e Delgado (2008).

Após a semeadura, os recipientes com as sementes devem ir para um local protegido para iniciar a germinação. É recomendado que este local tenha em torno de 50% de sombra para proteção das plântulas no seu início de germinação, principalmente, em locais muito quentes. No entanto, a araucária também mostra uma boa germinação em pleno sol. A repicagem de mudas não é recomendada.

A germinação e o crescimento das mudas de araucária são relativamente rápidos (Figura 4). Dependendo da qualidade das sementes e das condições de temperatura e umidade do ambiente, em torno de 10 a 20 dias após a semeadura já se inicia a germinação. Algumas técnicas como o corte de aproximadamente 3 mm da ponta da casca da semente (escarificação) podem ampliar o potencial e precocidade da germinação e produzir plântulas mais uniformes (CAÇOLA et al., 2006; HENNIPMAN, 2012; MOREIRA-SOUZA; CARDOSO, 2003). O uso desta técnica reduziu o período de germinação e emergência e ampliou o comprimento da parte aérea das plântulas (MOREIRA-SOUZA; CARDOSO, 2003).

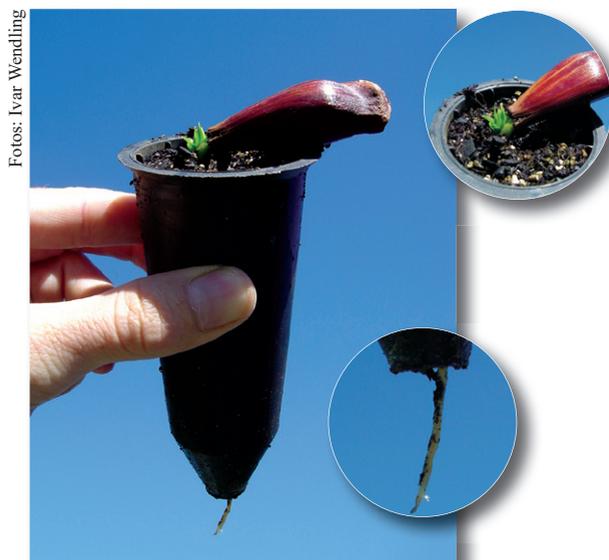
Fotos: Ivar Wendling



Figura 4. Sementes de araucária 45 dias após a semeadura.

Fonte: Wendling e Delgado (2008).

Mesmo que a semente não tenha emitido parte aérea é normal que a emissão da raiz já tenha ocorrido. A araucária emite primeiramente a parte radicular e, posteriormente, a parte aérea (Figura 5).



Fotos: Ivar Wendling

Figura 5. Germinação da araucária, 20 dias após a sementeira, demonstrando o vigor da raiz.

Fonte: Wendling e Delgado (2008).

Em torno de 50 a 90 dias após a sementeira (Figura 6), as mudas se encontram com 1 cm a 2 cm de altura e, aos 3 meses, com altura entre 5 cm a 8 cm. De 4 a 8 meses após a sementeira, as mudas de araucária estarão prontas para serem plantadas no campo.

Fotos: Ivar Wendling



Figura 6. Mudanças de araucária 90 dias após a sementeira.

Fonte: Wendling e Delgado (2008).

2.6 Adubação das mudas

A adubação das mudas em estágio inicial de desenvolvimento é muito importante e reflete diretamente na sua qualidade final, considerando o estado fisiológico da muda previamente ao plantio no campo.

Na produção de mudas de araucária em tubetes, a adubação é muito variável em função do tipo de substrato utilizado, tipo de manejo do viveiro, sistema de produção e fase de crescimento, havendo uma limitação em relação a trabalhos técnico-científicos buscando avaliar as melhores adubações. Como recomendação prática generalizada por m³ de substrato sem adubação de base (substrato formulado no viveiro) pode-se aplicar 4.000 g de super fosfato simples, 800 g de sulfato de amônia, 200 g de cloreto de potássio e 1.000 g de FTE BR 10 ou BR 12 (produto comercial que contém micronutrientes).

Para adubação de cobertura, recomenda-se aplicar, para cada fase de produção (crescimento e rustificação das mudas), solução nutritiva com variação na composição e doses conforme a fase (Tabela 1). A fase de crescimento é aquela onde as mudas estão em pleno crescimento vegetativo e a Fase de rustificação consiste na preparação das mudas para plantio no campo, com redução de irrigação e aumento de luz, caso ainda não tenha sido feito anteriormente.

Tabela 1. Recomendação de fontes de nutrientes e dose de solução nutritiva a ser aplicada em cada fase de desenvolvimento de mudas de araucária.

Fonte	Dose (g L ⁻¹)
Fase de crescimento ⁽¹⁾	
Ureia	4,0
Super fosfato simples	3,0
FTE BR 10	0,2
Cloreto potássio ou Nitrato de K	3,0
Fase de rustificação ⁽²⁾ (pleno sol)	
Sulfato de amônio	4,0
Super fosfato simples	10,0
Cloreto de potássio	4,0
FTE BR10	1,0

Aplicar: ⁽¹⁾ 6 L para cada 500 mudas a cada 7 dias; ⁽²⁾ 3 L para cada 500 mudas a cada 7 dias. Para todas as fases, após 5 a 10 minutos da aplicação da solução nutritiva, irrigar as mudas com água pura.

Os exemplos de adubações apresentados apenas ilustram algumas possibilidades, devendo ser adaptados de acordo com as necessidades e especificidades de cada viveiro e sistema de produção. Uma alternativa eficiente se refere à utilização de fertilizantes de liberação controlada no substrato, eliminando-se a necessidade de adubações de cobertura. Caso o viveirista utilize substratos comerciais, estes em geral já vêm com adubação de base, devendo-se nestes casos reduzir os adubos aplicados. Estudos ainda deverão ser realizados, sobretudo em relação ao tipo de adubação para diferenciadas formulações de substratos visando à produção de mudas de araucária com qualidade adequada.

O uso de fertilizantes de liberação lenta (ou controlada) em substratos florestais é recente no Brasil. Tem se mostrado uma tecnologia aplicável e eficiente para produção de mudas de espécies florestais, reduzindo as perdas por lixiviação e toxidez resultantes das fertilizações tradicionais, homogeneizando e qualificando as mudas produzidas (GONÇALVES, 2009).

Não existem recomendações específicas de quantidades ideais para espécies florestais, sobretudo nativas. Para araucária, Rossa et al. (2011) indicam a influência positiva da utilização do fertilizante de liberação controlada no crescimento e na melhoria da qualidade das mudas até a concentração de 6 kg de fertilizante de liberação lenta 13-6-16 por m³ de substrato, composto por 60% de substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita, 30% composto orgânico peneirado e 10% vermiculita de granulometria média.

Seu elevado custo quando comparado às fontes tradicionais tem levantado questionamentos a respeito de sua utilização em escala comercial, sendo necessário o estabelecimento de concentrações ideais para cada espécie, com o objetivo de garantir a máxima eficiência do produto (ROSSA et al., 2011). No entanto, a concentração ideal pode variar muito em função da época do ano, formulação química do fertilizante e características físicas do substrato, podendo ter maior ou menor eficiência à medida que se estabeleçam as condições ideais de liberação destes nutrientes, sobretudo umidade e temperatura.

2.7 Tamanho das mudas para plantio a campo

Quanto maior o tamanho do recipiente utilizado, mudas de maior altura e vigor poderão ser obtidas. No caso de se utilizar, por exemplo, tubetes de 13 cm de altura (110 cm³), pode-se produzir mudas com bom padrão de qualidade, com

altura entre 15 cm e 20 cm. Já para tubetes de 20 cm de altura (210 cm^3), pode-se obter mudas com 20 cm a 30 cm de altura (Figura 7). O importante é sempre respeitar uma relação da altura da parte aérea para a parte radicular ao redor de 1,5 cm, ou seja, para cada 1,0 cm de altura do recipiente (parte radicular), é recomendada uma altura da parte aérea ao redor de 1,5 cm.

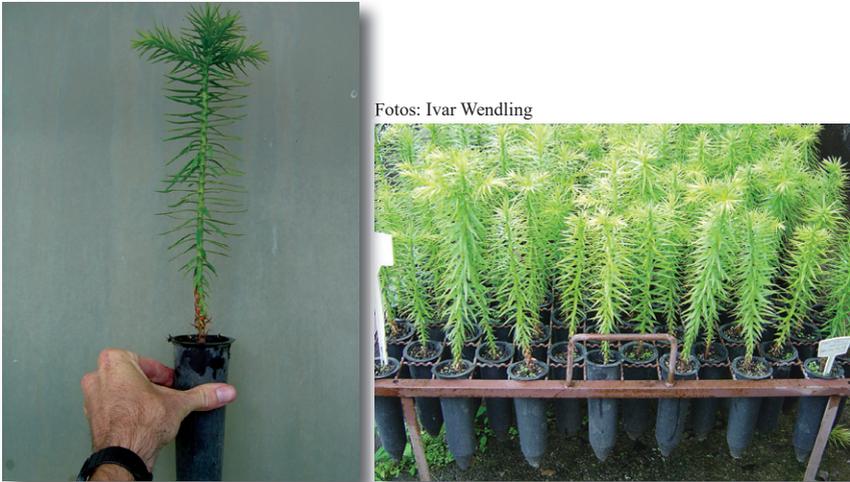


Figura 7. Mudanças de araucária prontas para plantio no campo.

É importante ressaltar que mudas maiores do que as recomendadas acima poderão ser produzidas facilmente com o manejo da adubação. No entanto, recomenda-se não produzir mudas com a parte aérea muito desenvolvida em relação à radicular, em vista da redução da qualidade destas. Mudanças que tenham a altura muito maior do que a altura do recipiente sofrerão forte estresse no momento de seu plantio no campo, aliada a menor resistência à falta de umidade e solos de pior qualidade.

Quando as mudas forem produzidas em ambiente sombreado, em torno de 30 dias antes do plantio no campo, estas devem sofrer o processo de rustificação, ou seja, serem preparadas para as condições mais drásticas de campo a que serão submetidas após o plantio definitivo. Esta rustificação obrigatoriamente deverá ser feita a pleno sol, onde o número e a frequência de irrigações deverão ser diminuídos e a adubação alterada (Tabela 1).

2.8 Tratos culturais

A produção de mudas de araucária via semente é relativamente simples. Os tratos culturais a serem adotados na produção são similares aos necessários para qualquer espécie florestal. O aparecimento de doenças muitas vezes está ligado ao manejo inadequado das irrigações do viveiro, associado ao excesso de mudas por unidade de área e sombreamento excessivo na fase de germinação e crescimento. Medidas como diminuição da quantidade de água aplicada a cada irrigação, diminuição do sombreamento e maior espaçamento entre mudas aumentam a aeração, diminuindo o excesso de umidade no ambiente das bandejas, dificultando a propagação de patógenos.

Em relação a pragas, estas são de ocorrência ocasional. De forma geral, com um manejo adequado do viveiro, normalmente não se verifica muitos danos. Quando o nível de danos por pragas ou doenças se mostrar significativo, pode-se lançar mão do controle pela aplicação de produtos químicos, utilizando-se tipo de produto e dosagem de acordo com recomendações técnicas dos fabricantes. Tanto para pragas quanto para doenças, recomenda-se consultar um profissional capacitado quando da sua ocorrência, visando ao adequado controle, caso haja necessidade.

2.9 Semeadura direta no campo

A araucária é uma espécie que se adapta muito bem ao sistema de semeadura direta no campo, tanto para plantios puros, quanto aos sistemas agroflorestais (SAF) ou de enriquecimento. Para tanto, recomenda-se semear de 2 a 4 pinhões por cova e, posteriormente, fazer a seleção deixando-se somente a muda mais desenvolvida. Os pinhões recém-germinados podem ser atacados por animais silvestres (aves e roedores), principalmente se houver escassez de alimento no campo. Para diminuir ou evitar este problema, recomenda-se a imersão dos pinhões em água e querosene (1:1 em volume) previamente ao seu plantio nas covas.

Em condições naturais, a predação de sementes exerce papel fundamental no controle populacional da espécie. Por tratar-se de plantios comerciais, a predação intensa de suas sementes pela fauna, principalmente por pequenos roedores

silvestres, como ratos, camundongos, cutia, paca, esquilo, ouriço e outros, tem sido um desafio à silvicultura. Em avaliação da predação de sementes de araucária em diferentes ambientes, verificou-se que a ação de vertebrados foi menor em áreas abertas quando comparada a ambientes povoados por *Baccharis uncinella* e *Vernonia discolor*, contudo, após 14 dias, 100% das sementes foram consumidas independente do habitat (PINHEIRO; GANADE, 2009).

Diante deste desafio, em experimento com sementes de araucária em laboratório, foram avaliados 15 tratamentos com diferentes substâncias naturais e sintéticas, as quais apresentam características odoríferas e/ou gustativas marcantes que as tornam supostamente repelentes à fauna consumidora de sementes, com o objetivo de avaliar o efeito destas sobre o crescimento inicial das plantas (ARRUDA et al., 2007). Os resultados foram satisfatórios, não havendo efeito fitotóxico destas substâncias sobre a germinação e desenvolvimento inicial das plantas. Contudo, são necessários estudos em condições de campo para comprovar a eficácia destes produtos na repelência de espécies predadoras de sementes de araucária, uma vez que são intensamente consumidas por estes predadores em condições naturais (GUGLIELMI; GANADE, 2006; ZANINI et al., 2006). Deve-se ressaltar que, além dos vertebrados, a mortalidade de sementes pode ser influenciada pelo ataque de insetos ao endosperma ou mesmo fungos de radícula ou patógenos diversos.

3 Fluxograma geral da produção de mudas por sementes

Visando facilitar a compreensão das etapas envolvidas na produção de mudas de araucária por sementes, a Figura 8 apresenta uma sequência esquemática resumida do processo.

Fotos: Ivar Wendling



Ponto ideal de coleta das sementes



Verificação da viabilidade



Germinação



Emissão radícula



Semeadura



Parte aérea e radicular emitida



Crescimento



Mudas prontas para plantio

Figura 8. Sequência esquemática resumida do processo de produção de mudas de araucária por sementes.

Referências

- AMARANTE, C.; TALAMINI, C. V.; MOTA, S.; MEGGUER, C. A.; IDE, G. M. Conservação pós-colheita de pinhões [sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze] armazenados em diferentes temperaturas. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 346-351, 2007. DOI: 10.1590/S0103-84782007000200008.
- ANDREAZZA, R.; ANTONIOLLI, Z. I.; OLIVEIRA, V. L.; LEAL, L. T.; MORO JUNIOR, C. A.; PIENIZ, S. Ocorrência de associação micorrízica em seis essências florestais nativas do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 3, p. 339-346, 2008. DOI: 10.5902/19805098445.
- ANSELMINI, J. I.; ZANETTE, F. Development and growth curve of the pine cones of *Araucaria angustifolia*, in the region of Curitiba. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 4, p. 665-669, 2008.
- ARRUDA, G. O. S. F. de; FLEIG, F. D.; CASA, R. T. Tratamento de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze com substâncias potencialmente repelentes à fauna consumidora. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 3, p. 279-287, 2007. DOI: 10.5902/198050981960.
- BACH, R. J.; LAZZARETTI, M. V.; UEBEL, R. A.; SEVERO, J. A. L.; GOMES, D. J. P.; CANTARELLI, E. B. Influência de diferentes concentrações de vermicomposto no desenvolvimento de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In. SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2012, Cruz Alta. **Ciência, reflexividade e (in)certezas...** Cruz Alta: Unicruz, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 399 p.
- BREUNINGER, M.; EINIG, W.; MAGEL, E.; CARDOSO, E.; HAMPP, R. Mycorrhiza of Brazil Pine (*Araucaria angustifolia* [Bert. O. Ktze.]). **Plant Biology**, v. 2, p. 4-10, 2000. DOI: 10.1055/s-2000-9177.
- CAÇOLA, A. V.; AMARANTE, C. V. T.; FLEIG, F. D.; MOTA, C. S. Qualidade fisiológica de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.). Kuntze submetidas a diferentes condições de armazenamento e a escarificação. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 4, p. 391-398, 2006. DOI: 10.5902/198050981920.
- CARRILLO, V. P.; CHAVES, A.; FASSOLA, H.; MUGRIDGE, A. Refrigerated storage of seeds of *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Kuntze over a period of 24 months. **Seed Science and Technology**, v. 31, n. 2, p. 411-421, 2003. DOI: 10.15258/sst.2003.31.2.18.

EIRA, M. T. S.; SALOMÃO, A. N.; CUNHA, R. da; CARRARA, D. K.; MELLO, C. M. C. Efeito do teor de água sobre a germinação de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. - Araucariaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 16, n. 1, p. 71-75, 1994. DOI: 10.17801/0101-3122/rbs.v16n1p71-75.

FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A.; ZANON, A. **Conservação de sementes de pinheiro-do-paraná sob diferentes condições de ambientes e embalagens**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1999. 4 p. (EMBRAPA-CNPQ. Comunicado técnico, 34).

GONÇALVES, R. C. Substratos e fertilizantes de liberação controlada para a produção de mudas de *Samanea tubulosa* (Benth) Barneby & Grimes. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 4, n. 8, p. 241-251, 2009.

GUGLIELMI, I.; GANADE, G. Predação de sementes e sobrevivência das plântulas afetando a distribuição de indivíduos de *Araucaria angustifolia* ao longo de uma borda de floresta com campo. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 1, n. 2, p. 62-71, 2006.

HENNIPMAN, H. S. **Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze submetidas ao armazenamento**. 2012. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos renováveis. **Floresta**, v. 43, n. 1, p. 125-136, 2013. DOI: 10.5380/rf.v43i1.25989.

KRUPEK, R. A.; RIBEIRO, V. Biometria e germinação de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze provenientes de um remanescente florestal do Município de Turvo (PR). **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 12, n. 1, p. 73-89, 2010.

LELES, P. S. S.; CARNEIRO, J. G. A.; NOVAES, A. B.; BARROSO, D. G. Crescimento e arquitetura radicial de plantas de eucalipto oriundas de mudas produzidas em blocos prensados e em tubetes, após o plantio. **Cerne**, v. 7, n. 1, p. 10-19, 2001.

MANTOVANI, A. L.; MORELLATO, P. C.; REIS, M. S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 787-796, 2004.

MEDEIROS, A. C. S.; MENDES, M. A. S.; FERREIRA, M. A. S. V.; ARAGÃO, F. J. L. Avaliação quali-quantitativa de fungos associados a sementes de Aroeira (*Astronium urundeuva* (FR. ALL.) ENGL.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 14, n. 1, p. 51-55, 1992.

MOREIRA-SOUZA, M.; CARDOSO, E. J. B. N. Practical method for germination of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. seeds. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 2, p. 389-391, 2003. DOI: 10.1590/S0103-90162003000200025.

- OLIVEIRA, L. M.; GOMES, J. P.; SOUZA, G. K.; NICOLETTI, M. F.; LIZ, T. O.; PIKART, T. G. Metodologia alternativa para o teste de tetrazólio em sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 468-474, 2014. DOI: 10.1590/2179-8087.064413.
- PINHEIRO, C. C.; GANADE, G. Influência do microhabitat no processo de predação de sementes em uma área degradada. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 4, n. 1, p. 20-27, 2009.
- PRANGE, P. W. Estudo de conservação do poder germinativo das sementes de *Araucaria angustifolia*. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, v. 16, p. 43-53, 1964.
- ROSSA, U. B.; ANGELO, A. C.; NOGUEIRA, A. C.; REISSMANN, C. B.; GROSSI, F.; RAMOS, M. R. Fertilizante de liberação lenta no crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* e *Ocotea odorifera*. **Floresta**, v. 41, n. 3, p. 491-500, 2011. DOI: 10.5380/ rf.v41i3.24040.
- TOMPSETT, P. B. Desiccation studies in relation to the storage of araucaria seed. **Annals of Applied Biology**, v. 105, n. 3, p. 581-586, 1984. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1984.tb03085.x.
- WENDLING, I.; DELGADO, M. E. **Produção de mudas de araucária em tubetes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 201).
- ZANDEVALLI, R. B.; DILLENBURG, R. L.; SOUZA, P. V. Growth responses of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) to inoculation with the mycorrhizal fungus *Glomus clarum*. **Applied Soil Ecology**, v. 25, n. 3, p. 245-255, 2004. DOI: 10.1016/j.apsoil.2003.09.009.
- ZANINI, L.; GANADE, G.; HÜBEL, I. Facilitation and competition influence succession in a subtropical old field. **Plant Ecology**, v. 185, n. 2, p. 179-190, 2006. DOI: 10.1007/s11258-005-9093-0.

Capítulo

Produção de mudas de araucária por estaquia e miniestaquia

*Ivar Wendling
Carlos André Stuepp
Flávio Zanette*

1 Introdução

De forma similar à maioria das coníferas, a araucária é propagada por via sexuada. No entanto, a baixa longevidade de suas sementes, com perda total de viabilidade em até 12 meses após a coleta, aliada às desvantagens associadas a este método de propagação, como indefinição do sexo e variabilidade genética nas mudas, fazem com que técnicas de propagação vegetativa necessitem ser aprimoradas.

As poucas tentativas de estabelecimento de protocolos de propagação vegetativa para araucária têm apresentado uma série de limitações, inviabilizando sua adoção em escala comercial. Estas limitações estão relacionadas à adequação de métodos eficientes de resgate e rejuvenescimento de material adulto, obtenção de materiais com hábito ortotrópico (crescimento normal, vertical), técnicas de manejo do ambiente de propagação e pós-enraizamento, vigor do sistema radicular, bem como o estabelecimento de testes clonais, visando estudos de comparação do crescimento de mudas clonais com mudas originárias de sementes (WENDLING et al., 2009).

Dentre as principais técnicas de propagação vegetativa aplicáveis à araucária visando à produção de madeira, destacam-se a estaquia e a miniestaquia que têm apresentado resultados eficientes e relativamente rápidos à obtenção de clones geneticamente superiores para uma série de coníferas, como *Pinus*, *Cryptomeria japonica* e *Pseudotsuga* (COPES; MANDEL, 2000; RASMUSSEN et al., 2009; SHIBUYA et al., 2014).

Estudos relacionados à propagação vegetativa por estaquia em araucária foram iniciados no século passado. Desde o início, os resultados têm inviabilizado o uso do processo em escala comercial por uma série de limitações, principalmente em relação aos baixos índices de enraizamento de material adulto, hábito de crescimento das brotações, entre outros. A técnica de miniestaquia, por sua vez, desenvolvida para araucária a partir de 2010, promoveu avanços na propagação vegetativa da espécie, com a obtenção de maiores índices de enraizamento e consequente diminuição ou mesmo eliminação do uso de reguladores vegetais para indução radicular, além de um aumento considerável na taxa de multiplicação de genótipos selecionados.

A utilização das técnicas de estaquia e miniestaquia torna-se eficiente à medida que sejam definidas as características ideais do material a ser propagado, podendo resultar em elevados índices de enraizamento e aproveitamento final

de mudas. Contudo, os resultados apresentados até o momento para a estaquia de araucária não condizem com o sucesso esperado pelo uso desta técnica para fins comerciais, não ultrapassando os 25% (IRITANI; SOARES, 1983), 30% (WENDLING; BRONDANI, 2015) e 53,7% (WENDLING et al., 2016b). Para a miniestaquia, os resultados apresentados até o momento com o uso de material juvenil (mudas de semente) giram em torno de 30% a 80% (PIRES et al., 2013, 2015). Estes estudos, principalmente aqueles relacionados a propágulos adultos, apontam para uma característica recalcitrante da espécie à propagação vegetativa.

O sucesso das técnicas de estaquia e miniestaquia depende de diversos fatores que estão diretamente relacionados ao enraizamento, variando para cada espécie/clone, de acordo com o tratamento subsequente, sendo a maior ou menor facilidade de enraizar explicada pelo conhecimento dos fatores intrínsecos ao propágulo, como estágio fisiológico, balanço hormonal, juvenilidade e idade da planta matriz e, extrínsecos, como a estação do ano, substrato, luz, temperatura e umidade (WENDLING et al., 2010, 2014; XAVIER et al., 2013).

A necessidade de desenvolvimento de protocolos específicos de propagação vegetativa de araucária por matriz selecionada é de fundamental importância, visto que a variação da capacidade de enraizamento entre indivíduos é notável. Neste sentido, torna-se importante ressaltar a necessidade dos programas de melhoramento e plantio comercial da espécie estarem em perfeita sincronia com o desenvolvimento de protocolos de propagação vegetativa específicos para cada material genético selecionado.

2 Produção de mudas de araucária por estaquia

A técnica de estaquia consiste na produção de mudas a partir de propágulos (caule, raiz ou folha) coletados de uma planta matriz selecionada de acordo com características de interesse (p.e. produtividade, características fenotípicas e, ou genotípicas e fitossanitárias). As mudas assim obtidas apresentam as mesmas características genéticas da planta matriz, devido ao processo de meiose, sendo denominadas clones (HARTMANN et al., 2011). Algumas das vantagens dessa técnica referem-se à homogeneidade das plantas produzidas, transmissão de características da planta matriz que se deseja propagar, possibilidade de multiplicação de plantas resistentes a pragas e doenças,

além de se evitar a rejeição, quando comparada com a técnica de enxertia (WENDLING, 2004).

A estaquia permite também a multiplicação de plantas que não produzem ou produzem poucas sementes; de plantas com sementes de elevado custo; de mudas durante todo o ano, dependendo das condições climáticas e estruturais disponíveis (WENDLING, 2004). Em termos de desvantagens, pode-se destacar: risco de estreitamento da base genética dos plantios clonais, quando da utilização de um reduzido número de clones; dificuldade de enraizamento em alguns clones; em geral, maior custo de produção das mudas e; as limitações de enraizamento em plantas com elevada maturação (WENDLING; DUTRA, 2010).

O método natural de propagação da araucária é por via sexuada o qual apresenta algumas desvantagens, entre elas, a baixa longevidade das sementes, dificultando o seu armazenamento em períodos prolongados. Além disto, a indefinição do sexo e a variabilidade genética das mudas produzidas fazem com que a estaquia se apresente como uma alternativa para superação destas deficiências, possibilitando a produção de plantas com características conhecidas, uniformes, idênticas às plantas matrizes e possibilitando a produção de mudas durante o ano inteiro, independentemente da disponibilidade de sementes. Apesar das vantagens potenciais da técnica de estaquia em araucária, as poucas tentativas de propagação da espécie não tem apresentado a eficiência desejada, com resultados que não ultrapassam os 25% (IRITANI; SOARES, 1983), 30% (WENDLING; BRONDANI, 2015) e, mais recentemente, os 50% de enraizamento (WENDLING et al., 2016b).

2.1 Índices de enraizamento

A estaquia em coníferas tem sido estudada há várias décadas, sendo quase sempre definidas como espécies de difícil enraizamento, principalmente quando os propágulos têm origem em plantas adultas (RAGONEZI et al., 2010). De maneira semelhante, o enraizamento de estacas de araucária ainda não tem sido o esperado. Estes resultados podem ser consequência de fatores intrínsecos e extrínsecos ao material vegetal, tais como condições de cultivo, planta matriz, idade, época do ano, tipo de propágulo utilizado, substrato, nutrição, concentração de hormônios relacionados ao enraizamento (IRITANI et al., 1993; WENDLING et al., 2009, 2016b; XAVIER et al., 2013).

A busca por protocolos eficientes para o resgate de matrizes de araucária por meio de brotações epicórmicas mostrou-se limitada pela baixa produção de brotos ortotrópicos (WENDLING et al., 2009). Além disso, os percentuais de enraizamento para brotações epicórmicas mostraram-se baixos, variando de 12-30% (brotações de cepa) e de 0-28% (brotações de galhos) (WENDLING; BRONDANI, 2015). A utilização de materiais juvenis tem sido uma das vias de escape para a propagação de araucária. Niella e Rocha (2007) verificaram bons percentuais de enraizamento (70%) de estacas provenientes de mudas de sementes com 12 meses, em condições de casa de sombra.

Estudos recentes com a utilização de estacas oriundas de jardim clonal, conduzido em condições de campo, têm mostrado resultados promissores para estaquia da araucária. Nestes estudos, a utilização de estacas apicais de matrizes femininas apresentou percentuais de enraizamento de 53,7% (WENDLING et al., 2016b). Deve-se ressaltar que este estudo utilizou propágulos provenientes de jardim clonal implantado com estacas enraizadas oriundas de árvores adultas (26 anos) (WENDLING; BRONDANI, 2015), em que a capacidade morfogenética é reconhecidamente mais baixa em comparação a plantas jovens originadas de sementes (WENDLING et al., 2014). Apesar de medianos, os resultados obtidos até o momento para estaquia de araucária oriundas de jardim clonal podem ser considerados satisfatórios, embora os percentuais ainda necessitem ser melhorados para recomendar o uso desta técnica para fins comerciais.

Uma das possíveis causas da baixa porcentagem de enraizamento de propágulos de araucária oriundos de árvores adultas é a baixa juvenildade e conseqüente lignificação das brotações que lhes deram origem. Portanto, a utilização de técnicas que visem induzir brotações ortotrópicas juvenis do ponto de vista fisiológico é de fundamental importância para o sucesso de sua propagação por estaquia, embora poucos estudos tenham avaliado estes aspectos em araucária. Wendling et al. (2009) avaliaram quatro métodos de indução de brotações epicórmicas em plantas adultas da espécie: poda de ramos laterais, ramos destacados (acondicionados em casa de vegetação e casa de sombra), decepa e remoção do ponteiro. Os autores identificaram que a decepa e a poda de ramos (20 cm e 50 cm) proporcionaram maior número de brotos.

Em outro estudo, Wendling e Brondani (2015) avaliaram dois métodos de indução de brotações epicórmicas em plantas adultas com 20 e 26 anos, por meio de corte raso (decepa) e poda dos ramos primários no terço superior da copa a 2 cm, 20 cm e 50 cm do tronco principal. A decepa apresentou menor

produção de brotos viáveis para a estaquia (47 estacas por planta), contudo, 90% destes eram ortotrópicos. A poda de galhos resultou em uma produção substancialmente maior (182 estacas por planta), mas apenas 44% de brotações eram ortotrópicas. Com relação ao enraizamento, ambas as técnicas mostraram baixa eficiência, 12% a 30% (brotações de decepa) e 0% a 28% (brotações de galhos). Apesar dos baixos índices de enraizamento, ambas as técnicas apresentam-se como potenciais, cada qual com suas aplicações na produção de mudas, sendo a decepa para estaquia (fins madeireiros) e a poda de galhos para enxertia (fins de produção de pinhões).

2.2 Tipo de propágulo e tratamento asséptico

Uma série de estudos tem sido realizada para definir o tipo de propágulo ideal para a estaquia de araucária, de acordo com a origem do material vegetal propagado. A medida que as técnicas de rejuvenescimento e propagação evoluem, nota-se uma redução nas dimensões dos propágulos, ou seja, para estacas provenientes de resgate vegetativo (decepa, anelamento ou poda) tem-se um padrão de propágulos com dimensões maiores. Já para miniestacas (seminais ou clonais) os propágulos apresentam dimensões menores.

Uma característica marcante em coníferas, verificada também em araucária, que se relaciona à disposição imbricada das folhas nos ramos (CASSANA, 2012) faz com que a preparação das estacas seja feita de forma distinta. Assim, os resultados verificados até o momento têm indicado a manutenção de dois terços das acículas na região apical das estacas, sendo a remoção basal feita para facilitar a inserção das mesmas no substrato (WENDLING; BRONDANI, 2015; WENDLING et al., 2016b). De maneira geral, não se tem estudos específicos dos efeitos gerados pela manutenção de acículas em propágulos de araucária. Contudo, a sua manutenção favorece as trocas gasosas, além de ser importante fonte de energia para a formação e crescimento das raízes.

Existe uma significativa variação no que diz respeito às dimensões das estacas utilizadas na propagação de araucária, em geral, associadas à origem dos propágulos. Com a utilização de brotações juvenis de plantas de 12 meses, Niella e Rocha (2007) utilizaram estacas com 8 cm de comprimento e diâmetro inferior a 3 mm. Já em estacas provenientes de brotações epicórmicas de árvores adultas, Wendling e Brondani (2015) empregaram estacas com 12 ± 2 cm de comprimento, com a remoção das acículas do terço basal. Para propágulos

provenientes de jardim clonal de campo, Wendling et al. (2016b) obtiveram resultados superiores com estacas de 15 cm a 20 cm de comprimento e 5 mm a 10 mm de diâmetro, com a manutenção de 2/3 das acículas na região apical.

Por se tratar de uma espécie predominantemente dioica, Wendling et al. (2016b) avaliaram o efeito do sexo das plantas matrizes na qualidade e consequente sobrevivência e enraizamento de estacas de araucária. Com a utilização de estacas de jardim clonal de campo, avaliaram estacas intermediárias e apicais, provenientes de ramos com hábito de crescimento ortotrópico e plagiotrópico, de clones do sexo masculino e feminino. Os autores concluíram que estacas apicais de clones femininos dos ramos de hábito ortotrópico apresentam maior capacidade de enraizamento (53,7%), em comparação às demais.

A desinfestação de estacas é prática recomendada para propágulos vegetais coletados diretamente do campo. Sua principal função é a eliminação de possíveis contaminantes, reduzindo assim os riscos de inserção de patógenos no ambiente de enraizamento. De maneira geral, a desinfestação de estacas é realizada em duas etapas, a primeira com ação bactericida, geralmente com uso de soluções à base de cloro ativo e, posteriormente, um tratamento com ação fungicida. Existem relatos de metodologias de desinfestação aplicadas na estaquia de araucária, como, por exemplo, a imersão em Benomil (0,5%), por uma hora e posterior tratamento das bases das estacas com hipoclorito de sódio ou água sanitária (NaOH) (pH 10), por 20 segundos (IRITANI et al., 1986). Já Wendling (2015) recomendou a imersão total das estacas em solução de hipoclorito de sódio a 2%, seguido de cinco minutos em água corrente e posterior imersão das bases em fungicida sistêmico à base de Carbendazim 2 g L^{-1} , por 15 minutos.

A imersão em hipoclorito de sódio (1% de cloro ativo) durante cinco minutos e posterior lavagem em água corrente, seguida de tratamento com fungicida sistêmico Benomil (1 g L^{-1}) por 10 minutos (tratamento asséptico) com posterior lavagem das estacas foi utilizada por Wendling e Brondani (2015). Esta metodologia adaptada foi utilizada por Wendling et al. (2016b), com tratamento asséptico em Benomil (1 g L^{-1}) por cinco minutos. Há ainda o uso de desinfestação em uma única etapa, apenas com a imersão das estacas em solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por cinco minutos (PEREIRA, 2013). É importante ressaltar que o processo de desinfestação é uma etapa intermediária e deve ser realizada logo após a preparação das estacas e previamente ao tratamento com reguladores vegetais, quando for o caso.

2.3 Reguladores vegetais e cofatores para o enraizamento

A utilização de reguladores vegetais, principalmente do grupo das auxinas, tem sido frequente visando à indução de raízes adventícias em araucária. Sua importância vai além da indução, com influência direta na velocidade de formação de raízes, número, comprimento e, principalmente, a qualidade das raízes formadas (WENDLING, 2015).

Na estaquia de araucária, as concentrações de reguladores vegetais recomendadas são elevadas (6.000 mg L^{-1}) e decrescem a medida que se utilizam propágulos vegetais com maior juvenilidade. Utilizando propágulos oriundos de ramos da parte superior da copa de indivíduos de 12 anos, Tessdorff (1971) avaliou três concentrações (5.000 mg L^{-1} , 10.000 mg L^{-1} e 20.000 mg L^{-1}) de AIB via solução e talco na estaquia de araucária. Os percentuais de enraizamento obtidos foram baixos (média geral de 25%) e não foram observados efeitos do AIB, independentemente do método de aplicação.

De maneira semelhante, Iritani et al. (1986) avaliaram o efeito de ácido indol-3-acético (AIA) e ácido indolbutírico (AIB) nas concentrações de 3.000 mg L^{-1} e 5.000 mg L^{-1} no enraizamento de estacas de araucária provenientes de plantas com quatro anos de idade, em duas épocas (março e agosto). Apesar da boa formação de calos, os baixos percentuais de enraizamento (6,2% em março e 19,4% em agosto) foram associados a um possível efeito fitotóxico das auxinas, principalmente na primeira coleta.

Utilizando estacas provenientes de brotações basais de matrizes de araucária com 20 anos, Bettio et al. (2008) avaliaram o efeito de diferentes concentrações de AIB (2.000 mg L^{-1} , 4.000 mg L^{-1} , 6.000 mg L^{-1}) na sobrevivência de estacas. Apesar dos elevados percentuais de sobrevivência (97% aos 130 dias), não foi observado efeito significativo das concentrações do regulador vegetal.

Um período maior de imersão das bases das estacas foi avaliado em propágulos plagiotrópicos de araucária, com uso de três concentrações de AIB em solução hidroalcoólica (0 mg L^{-1} , 2.000 mg L^{-1} e 4.000 mg L^{-1}) por 60 segundos (PEREIRA, 2013). De maneira geral, os percentuais de enraizamento foram baixos e não foram verificadas diferenças entre os tratamentos avaliados. Wendling e Brondani (2015) avaliaram as concentrações de 0 mg L^{-1} , 2.000 mg L^{-1} , 4.000 mg L^{-1} e 6.000 mg L^{-1} de AIB em dois tipos de brotações epicórmicas (decepa e brotos de ramos da copa podados), contudo, verificaram reduzidos índices de enraizamento e sem efeito das concentrações de AIB.

Utilizando estacas apicais de mudas de 12 meses produzidas por semente, Niella e Rocha (2007) avaliaram a imersão da base das estacas por 15 segundos em seis concentrações de AIB (0 mg L^{-1} , 1 mg L^{-1} , 10 mg L^{-1} , 100 mg L^{-1} , 1.000 mg L^{-1} , 5.000 mg L^{-1}) com a testemunha (0 mg L^{-1}) representada por água e as demais diluídas em álcool 70. Apesar dos bons percentuais de enraizamento (até 70%), os autores não observaram efeito do AIB no enraizamento das estacas. Em outros estudos, principalmente os mais recentes, tem sido constatada a utilização da concentração de 3.000 mg L^{-1} de AIB em solução hidroalcoólica (1:1 em volume), por dez segundos de imersão da base, como referência para enraizamento de estacas de araucária. Essa concentração foi utilizada em estacas provenientes de brotações epicórmicas de cepas (DELGADO et al., 2007), de brotos plagiotrópicos (OLIVEIRA, 2010) e para diferentes tipos de estacas ortotrópicas e plagiotrópicas provenientes de jardim clonal de campo (WENDLING et al., 2016b). Por outro lado, Wendling (2015) recomendou a aplicação de AIB na concentração de 6.000 mg L^{-1} em solução hidroalcoólica (dez segundos de imersão) ou talco, para se obter melhores percentuais de enraizamento de estacas de araucária.

Embora os índices de enraizamento ainda não se apresentem comercialmente viáveis para a propagação vegetativa de araucária, o uso do AIB parece exercer importante papel na estaquia da espécie. Ressaltam-se os efeitos positivos na indução e formação de raízes estruturalmente funcionais e no aumento do vigor radicial nas estacas, em alguns casos.

2.4 Substratos e recipientes para o enraizamento

Não há na literatura estudos que avaliem diferentes substratos para a estaquia de araucária, embora seja um fator exógeno citado como preponderante no enraizamento de diferentes espécies florestais. Assim, a escolha do substrato ideal deve levar em conta certos fatores de ordem econômica (custo, disponibilidade, qualidade e facilidade de manuseio), química (pH e nível de fertilidade do material) e física (textura e densidade), resultando em aeração, capacidade de retenção de umidade e boa agregação das raízes formadas (KRATZ et al., 2015).

Diversos substratos vêm sendo avaliados no enraizamento de coníferas, embora as características ideais dos substratos entre as espécies podem ser bastante variadas. Com relação à araucária, diversos substratos vêm sendo utilizados na

estaquia. Iritani et al. (1986) utilizaram areia de construção (peneirada e lavada) e, com base nos elevados percentuais de sobrevivência e formação de calos nas estacas, inferiram que aquele material se apresentou adequado, embora não se mostrasse um fator determinante no enraizamento das estacas. Niella e Rocha (2007) obtiveram bons percentuais de enraizamento de estacas de araucária utilizando como substrato casca de pinus decomposta e perlita (3:1 em volume).

Em grande parte dos estudos, sobretudo os mais recentes, tem se utilizado, com diferentes níveis de eficiência, uma composição de partes iguais de vermiculita média ou fina e casca de arroz carbonizada, principalmente pela disponibilidade destes dois componentes na região Sul do Brasil, onde estão concentradas as pesquisas envolvendo propagação vegetativa de araucária (BETTIO et al., 2008; DELGADO et al., 2007; PEREIRA, 2013; WENDLING; BRONDANI, 2015; WENDLING, 2015; WENDLING et al., 2016b). Apesar dos melhores resultados até o momento terem sido verificados com a utilização de vermiculita média e casca de arroz carbonizada como substrato (WENDLING et al., 2016b), outros materiais podem ser eficientes no enraizamento de estacas de araucária, principalmente os substratos comerciais desenvolvidos especificamente para estaquia.

Diversos recipientes para enraizamento têm sido utilizados na estaquia de araucária, sem, no entanto, apresentar um efeito determinante no sucesso ou não do processo de enraizamento. Como exemplo, podem-se citar as caixas de polipropileno (IRITANI et al., 1986), tubetes de polipropileno com capacidade de 115 cm³ (PEREIRA, 2013), de 90 cm³ (NIELLA; ROCHA, 2007) e de 170 cm³ (BETTIO et al., 2008; WENDLING; BRONDANI, 2015). A definição do recipiente ideal vai depender da origem e tipo de propágulo a ser enraizado, uma vez que, quanto maior seu tamanho (diâmetro e comprimento), maior deverá ser o recipiente, além da altura final das mudas a serem produzidas.

2.5 Ambiente de enraizamento

O sistema de nebulização intermitente é o ideal para o enraizamento de estacas de espécies florestais (XAVIER et al., 2013). A nebulização mantém a umidade das folhas, reduzindo a pressão de vapor, a temperatura e a taxa de respiração, mantendo-as funcionais por mais tempo, o que pode ser decisivo para o enraizamento.

Para araucária ainda não foram desenvolvidos estudos buscando avaliar diferentes ambientes de enraizamento das estacas. No entanto, Iritani et al. (1986) ao avaliar a estaquia de propágulos provenientes de matrizes de quatro anos, enfatiza a necessidade de manutenção da umidade nas estacas e no substrato por meio de sistemas de nebulização, com frequência de dez segundos a cada oito minutos. Os autores utilizaram também a adubação foliar aplicada juntamente ao sistema de nebulização e intensidade luminosa de 2000 lux (16 horas/dia), por um período de 90 dias. Além disso, na segunda instalação (agosto) os autores mantiveram a temperatura do substrato em 20 °C durante todo o período experimental. Contudo, este conjunto de fatores não foi suficiente para o sucesso da estaquia, resultando em baixos percentuais de enraizamento das estacas.

De modo geral, vários estudos de estaquia de araucária têm utilizado ambientes com sistema de controle parcial ou total de temperatura e umidade (temperatura de 25±5 °C e umidade relativa acima de 80%) (BETTIO et al., 2008; DELGADO et al., 2007; NIELLA; ROCHA, 2007; PEREIRA, 2013; WENDLING; BRONDANI, 2015; WENDLING et al., 2016b). O período de manutenção das estacas em ambiente de enraizamento tem sido variável, entre 90 dias (NIELLA; ROCHA, 2007; WENDLING; BRONDANI, 2015), 120 dias (WENDLING et al., 2016b), 130 dias (BETTIO et al., 2008) e 180 dias (PEREIRA, 2013), principalmente em função das condições climáticas de cada estação do ano, do tipo de propágulo utilizado e planta matriz.

Estudos comparando dois ambientes (casa de vegetação climatizada com sistema de nebulização intermitente e casa de sombra com 50% de sombreamento e irrigação por microaspersão de 1 minuto a cada 30 minutos e vazão de 144 L hora⁻¹) no enraizamento de diferentes tipos de estacas de araucária ainda estão em andamento (Figura 1). Os resultados prévios mostram que as condições de casa de sombra não são favoráveis à sobrevivência das estacas e, por outro lado, o ambiente de casa de vegetação tem resultado em percentuais de sobrevivência acima de 80%, independente das características dos propágulos.

Fotos: Ivar Wendling



Figura 1. Casas de vegetação para enraizamento de estacas: automatizada (esquerda) e modelo rústico (direita).

2.6 Aclimação, rustificação e adubação das mudas

Na literatura existem poucas informações a respeito da aclimação, rustificação e adubação das mudas de araucária produzidas em estudos de estaquia. O manejo adotado depende da estrutura do viveiro, como casa de vegetação, casa de sombra e área de crescimento e rustificação, bem como o tipo de adubação adotada em sistemas de produção de mudas clonais (WENDLING, 2015).

Os estudos realizados com estaquia de araucária e que detalham as condições de aclimação e rustificação apresentam períodos semelhantes entre si. Após a retirada dos propágulos do ambiente de enraizamento (casa de vegetação), as mudas já enraizadas são transferidas para casa de sombra (50% de sombreamento) para aclimação, por um período de dez a 35 dias (WENDLING; BRONDANI, 2015; WENDLING, 2015; WENDLING et al., 2016b). Passado o período de aclimação, as mudas já estão prontas para receber condições de luminosidade e temperatura naturais, momento no qual são transferidas para área de pleno sol, visando à rustificação e crescimento, onde permanecem por um período variável de 30 (WENDLING et al., 2016b) a 50 dias (WENDLING; BRONDANI, 2015) ou até que estejam em condições adequadas para serem levadas ao campo (WENDLING, 2015).

Existem ainda uma série de lacunas a serem preenchidas quanto ao sistema de manejo e nutrição para o adequado crescimento e rustificação das mudas de araucária, principalmente em termos de casa de vegetação, casa de sombra e

área de pleno sol, pois, em cada ambiente, pode ser adotado um tipo específico de adubação e tempo de permanência das mudas enraizadas (WENDLING, 2015).

2.7 Jardim clonal de campo

O jardim clonal de campo é a área destinada à produção de propágulos ou gemas axilares de plantas selecionadas, com a finalidade de produção de brotos para as técnicas de propagação vegetativa (Figura 2). Os clones conduzidos neste sistema podem ser obtidos por meio de estaquia ou enxertia em porta-enxertos seminais quando a matriz não apresenta aptidão ao enraizamento. A condução do jardim clonal é relativamente simples onde, uma vez implantado, a coleta das estacas pode ser realizada de maneira periódica e seletiva, de acordo com a capacidade produtiva das cepas. Para araucária, a coleta tem sido realizada em intervalos de três a quatro meses, variável em função da época do ano.



Foto: Ivar Wendling

Figura 2. Jardim clonal de araucária em condições de campo.

A produtividade do jardim clonal é considerada elevada em comparação à coleta em plantas matrizes no campo, no entanto apresenta-se abaixo da produção de miniestacas em sistema semi-hidropônico (WENDLING et al., 2016b). A Tabela 1 apresenta dados de produtividade de jardim clonal de campo estabelecido em Colombo, PR, manejado durante um ano. Apesar da menor produtividade em relação ao minijardim clonal (ver item 3.8.1), apresenta como vantagens o baixo investimento para a sua instalação e manutenção.

Tabela 1. Dados de produtividade para diferentes coletas em jardim clonal de campo estabelecido em Colombo, PR, para clones do sexo masculino e feminino.

Data	IC (dias)	Plantas macho		Plantas fêmea	
		Estacas cepa ⁻²	Estacas m ⁻² mês ⁻²	Estacas cepa ⁻²	Estacas m ⁻² mês ⁻²
11/2008	65	0,8	1,5	1,5	2,8
02/2009	97	4,6	5,7	4,4	5,4
04/2009	65	0,8	1,5	0,8	1,5
08/2009	125	1,3	1,2	1,3	1,2
11/2009	76	1,0	1,6	1,5	2,4
Média	86	1,7	2,3	1,9	2,7

IC = intervalo entre coletas de estacas.

Fonte: Laboratório de Propagação de Espécies Florestais, Embrapa Florestas, Colombo, PR.

O espaçamento recomendado para a formação do jardim clonal destinado a fornecer brotos de araucária para enraizamento é 0,50 m x 0,50 m. A primeira poda objetiva estabelecer um padrão das cepas a uma altura de 15 cm a 20 cm. A partir daí a poda das cepas deverá ser realizada de acordo com o vigor das brotações, devendo ser coletadas somente aquelas com tamanho e rigidez adequadas para estaquia.

A nutrição das cepas é fator de grande importância para uma produção adequada de brotações com bom vigor fisiológico, resultando em maior produção de brotos e melhor potencial de enraizamento. Para tanto, recomenda-se uma adubação na implantação do jardim clonal e, na sequência, adubações de manutenção ou produção, com base em análises de solo e de tecido vegetal. Como exemplo de adubação de implantação, pode-se aplicar 50 g de N-P-K 4-14-8 ou 25 g de 8-28-16 por cova. O adubo deverá ser bem misturado ao solo da cova e, de preferência, aplicado duas semanas antes do plantio das mudas.

Recomenda-se que as adubações de manutenção ou produção sejam realizadas a cada duas semanas, com um rigoroso acompanhamento do estado nutricional das cepas, evitando-se excesso ou falta de nutrientes. Na Tabela 2 é apresentada uma sugestão de adubação de manutenção ou produção, a ser aplicada a cada 14 dias, a qual deverá ser ajustada de acordo com as condições de clima e solo do local de cultivo, bem como dos clones em multiplicação.

É importante que a localização do jardim clonal seja o mais próximo possível do viveiro ou área de preparação das estacas, a fim de reduzir o estresse e o custo

Tabela 2. Sugestão de adubação de manutenção ou produção para jardim clonal de campo

Adubo	g/L de água
Sulfato de amônio	3
Superfosfato triplo	4
Nitrato de potássio	4
FTE BR-12	1

Aplicar 25 mL da solução por planta por aplicação.

gerado pelo transporte em longas distâncias. Recomenda-se a identificação com postes e placas, onde apareça o nome do clone, de forma a não haver troca ou perda de material genético.

2.8 Sequência esquemática da técnica de estaquia

Visando facilitar o entendimento das etapas operacionais envolvidas na técnica de estaquia de araucária, adiante descreve-se uma sequência lógica e operacional do processo, com base nos melhores tratamentos e resultados das pesquisas realizadas na Embrapa Florestas.

2.8.1 Seleção da planta matriz

A seleção correta das plantas matrizes que servirão de base para a formação dos plantios clonais é de suma importância para a qualidade dos futuros plantios. Deve-se atentar para o fato de que a seleção de árvores superiores, em termos de produtividade e de qualidade em um povoamento, é somente o primeiro passo para a sua indicação em plantios comerciais. As matrizes selecionadas deverão ser submetidas a testes clonais em áreas similares, em termos de clima e solo aos locais de plantio futuro, para avaliar o efeito do ambiente no seu comportamento, sendo recomendadas somente aquelas que apresentarem crescimento e desenvolvimento superiores.

Para a seleção de matrizes (Figura 3), devem ser levados em consideração aspectos básicos como produtividade, resistência a pragas e doenças, e aqueles específicos como a qualidade da madeira, capacidade de desrama precoce, distância de entrenós, diâmetro dos ramos, capacidade de enraizamento, etc. Os critérios de seleção a serem adotados são variáveis em função dos

Foto: Ivar Wendling



Figura 3. Árvore matriz de araucária selecionada para estaquia em plantio pelo seu vigor de crescimento superior em relação às vizinhas e boa sanidade (nove anos).

objetivos comerciais (pinhão ou madeira) e, uma vez selecionada uma planta de má qualidade, as mudas deste clone terão sempre a mesma característica em condições similares de clima, solo e manejo, podendo-se perder as possíveis vantagens do processo de clonagem. É importante ressaltar que, sempre que possível, sejam selecionadas plantas sujeitas à competição por outras da mesma espécie (plantas não isoladas), condição similar ao plantio clonal para fins comerciais.

2.8.2 Resgate da planta matriz

Quando a árvore matriz de araucária cresce e se desenvolve (em geral após o segundo ano de idade), torna-se difícil ou, às vezes, impossível a sua propagação por estaquia. Para superar os efeitos gerados pela maturação, faz-se necessário a aplicação de tratamentos para indução de brotações juvenis em plantas adultas.

Em araucária, o método mais recomendado para a produção de brotos juvenis é o corte raso ou decepa da árvore a uma altura aproximada de 15 cm do solo (Figura 4), de preferência com uma leve inclinação, a fim de evitar o apodrecimento da cepa (tronco) provocado pelo acúmulo de água na superfície cortada. A época ideal para a realização da decepa é o final do inverno, para que a rebrota

Fotos: Ivar Wendling



Figura 4. Cepa de araucária recém-cortada em plantio (esquerda) e após seis meses, com brotações aptas a serem coletadas para estaquia (direita).

ocorra na primavera. No momento da coleta das brotações (6 a 12 meses após a decepa, quando os brotos atingirem de 25 cm a 45 cm de comprimento), deve-se atentar para a manutenção de um a três brotos na cepa, evitando a morte da mesma, impossibilitando coletas subsequentes. Entre as desvantagens deste método, estão a necessidade do corte da árvore e a possível perda da matriz selecionada (caso ela não rebrote), além dos fatores legais envolvidos, por se tratar de uma espécie nativa e ameaçada de extinção, tornando-a sujeita a uma série de regulamentações legais, as quais devem ser observadas para o corte. O recomendável é fazer esta ação em árvores estabelecidas em plantios comerciais.

Outra técnica de indução de brotações basais em araucária, o anelamento parcial (remoção de um anel de casca) é recomendado nos casos em que não seja possível o corte raso da planta matriz. Como desvantagens, apresenta uma menor frequência de emissão e produção de brotos quando comparada à decepa. Consiste basicamente na remoção de um anel da casca com 1,5 cm a 2,0 cm de largura, em praticamente toda a circunferência da árvore (90%). Em torno de 6 a 12 meses após o anelamento, dependendo das condições climáticas do local e da idade da planta, as brotações podem ser coletadas (Figura 5). Em termos de época indicada para este procedimento, vale a mesma recomendação dada para a técnica de corte raso (decepa). Este método não tem se mostrado eficiente para araucária, uma vez que os percentuais de plantas que emitem brotações basais se apresentam ao redor de 20%, com grande influência da idade da planta matriz e incidência luminosa sobre a região anelada.

Foto: Ivar Wendling



Figura 5. Planta de araucária anelada mostrando brotações epicórmicas juvenis na base, no ponto de coleta para estaquia.

2.8.3 Coleta e transporte das brotações e preparo das estacas

A época do ano em que se procede a coleta das estacas é de fundamental importância para o sucesso do enraizamento. Geralmente, as melhores épocas para a coleta são primavera ou verão, embora a araucária também apresente enraizamento de suas estacas em outras épocas. A coleta é feita com tesouras de poda e, sempre que possível, deve ser realizada nas primeiras horas da manhã, devido à menor temperatura e insolação, o que reduz as perdas de água por transpiração das brotações coletadas.

Após a coleta, deve-se manter a turgescência dos brotos, acondicionando-os em recipientes com água (caixas de isopor ou baldes), ou então realizando pulverizações constantes de água sobre os mesmos. O transporte dos brotos deve ser realizado logo após a coleta, mantendo-se os mesmos em local sombreado. Uma alternativa interessante para o transporte a maiores distâncias é a colocação das brotações dentro de uma caixa de isopor tampada e com gelo no fundo, recoberto com folhas de jornal umedecidas. Este sistema forma um microclima com elevada umidade e baixa temperatura.

As estacas com aproximadamente 10 cm a 15 cm de comprimento são preparadas próximo ao local de enraizamento (casa de vegetação), removendo-se as acículas em cerca de um terço de sua base (Figura 6), para facilitar a

Fotos: Ivar Wendling



Figura 6. Estaca apical (esquerda) e intermediária (direita) de araucária preparada para estaquia, com remoção das acículas em cerca de um terço da base.

inserção no substrato. A manutenção do ápice (estacas apicais) tem favorecido o enraizamento em comparação àquelas intermediárias (sem ápice). No entanto, visando a uma maior produção de estacas, as intermediárias também têm sido utilizadas. A tesoura de poda deve estar sempre bem afiada para evitar danos aos tecidos vegetais no local de corte.

A aplicação de indutores de enraizamento (reguladores vegetais ou hormônios) é importante para o aumento da velocidade de formação de raízes, aumento do número e melhoria da qualidade das raízes formadas, bem como aumentar a uniformidade de enraizamento na técnica da estaquia. O regulador AIB (ácido indol butírico) na forma líquida ou talco, na concentração de 6.000 mg L^{-1} (solução hidroalcoólica 1:1 v/v) ou mg kg^{-1} (talco), tem sido o mais indicado para o uso no enraizamento de estacas de araucária, embora ainda necessite de mais estudos para a confirmação das melhores concentrações. Na aplicação via líquida, as bases das estacas são imersas na solução do regulador durante dez segundos (Figura 7). Na aplicação via talco, as bases das estacas são nele introduzidas, contendo o regulador e imediatamente plantadas no substrato e conduzidas ao ambiente de enraizamento.

Fotos: Ivar Wendling



Figura 7. Aplicação de regulador vegetal (AIB) em estacas de araucária: via líquida (esquerda) e via talco (direita).

Em nível comercial estão disponíveis diferentes formulações de reguladores vegetais para indução de raízes em plantas, incluindo AIB, preparadas em gel ou talco. No entanto, são escassos os estudos que comprovem a eficiência destes componentes. Em termos gerais, a aplicação via gel ou talco tem como vantagem a praticidade, visto que já vem pronto para uso na concentração recomendada, além disso apresenta maior durabilidade no armazenamento.

2.8.4 Desinfestação das estacas e equipamentos

Tendo em vista a origem das estacas coletadas em condições de campo, com exposição aos diversos tipos de agentes patogênicos, antes e durante o período de enraizamento, é importante promover sua proteção, garantindo assim uma maior sobrevivência e enraizamento. O método de desinfestação recomendado consiste em imergir as estacas por um período de cinco minutos em hipoclorito de sódio 2% (diluído em água), seguido da lavagem das estacas por cinco minutos (água corrente), complementada por imersão das bases das estacas por 15 minutos em fungicida sistêmico à base de Carbendazim 2 g L⁻¹.

Os materiais e equipamentos a serem utilizados no preparo das estacas devem estar totalmente livres de patógenos, pois podem prejudicar o enraizamento e o posterior desenvolvimento das mudas. Para isso, recomenda-se a desinfestação das caixas e recipientes com vapor ou água quente, a partir de 70 °C por três minutos ou a 80 °C por um minuto (ALFENAS et al., 2004).

2.8.5 Enraizamento, aclimação, crescimento e rustificação

Como substrato recomenda-se a utilização de casca de arroz carbonizada e vermiculita média (1:1 em volume), embora outros tipos de materiais também possam ser utilizados, principalmente os substratos comerciais desenvolvidos para estaquia de espécies florestais.

Após o adequado preenchimento dos recipientes e preparo das estacas, estas devem ser inseridas no substrato (em torno de 1 cm a 2 cm de sua base), de forma que fiquem firmes e não sofram inclinação ou tombamento no período de enraizamento. Como recipientes pode-se usar bandejas de polipropileno, com posterior repicagem das estacas enraizadas para outros recipientes (tubetes ou embalagens plásticas) ou diretamente em tubetes. No uso de tubetes, o volume deve ser de, no mínimo, 110 cm³. Em geral, maiores percentuais de enraizamento têm sido obtidos com o uso de bandejas (Figura 8).

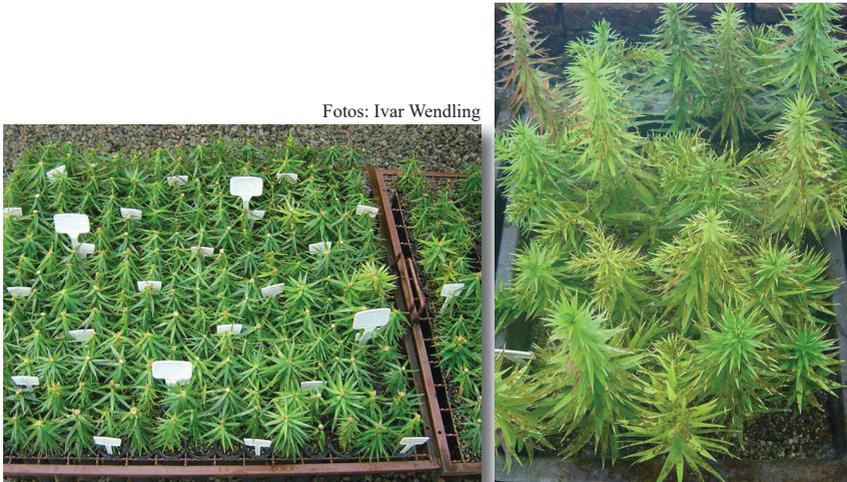


Figura 8. Estacas introduzidas no substrato para enraizamento: em tubetes (esquerda) e em bandeja (direita).

Caso se faça uso de regulador vegetal via talco, recomenda-se realizar a perfuração do substrato para melhor acondicionamento da base das estacas ou utilização de uma camada de substrato mais poroso, evitando a remoção do produto aplicado no momento da inserção das mesmas, procedimento desnecessário quando da utilização de reguladores em solução (líquida). Quando da utilização de AIB em solução líquida, deve-se atentar para a sua característica hidrofóbica, devendo ser inicialmente diluído em álcool (50% do volume total) e, posteriormente, avolumado com água (preferencialmente destilada), formando ao final uma solução hidroalcoólica (50% v/v) pronta para ser aplicada nas estacas. O período recomendado para imersão das bases das estacas é de dez segundos, sendo este o último procedimento antes do plantio das mesmas no substrato.

Tendo em vista a araucária ser uma espécie de difícil enraizamento, suas estacas precisam ser enraizadas em casa de vegetação, com umidade acima de 80% e temperaturas relativamente constantes no seu interior, porém sempre inferiores a 30 °C (Figura 1A). O tempo de permanência das estacas na casa de vegetação varia de 90 a 180 dias, dependendo da região, da época do ano e da matriz de origem (clone). Quando forem usados tubetes como recipientes para enraizamento das estacas, uma indicação do momento adequado para a sua retirada da casa de vegetação é a presença de raízes saindo no fundo desses recipientes (Figura 9) e, no caso das bandejas, deve-se retirar algumas estacas para verificação da existência de raízes. Durante a permanência em casa de



Fotos: Ivar Wendling



Figura 9. Estacas de araucária mostrando raízes no fundo do tubete, indicando o momento de sua retirada da casa de vegetação.

vegetação é de suma importância que se façam coletas periódicas de estacas mortas ou contaminadas, evitando assim a proliferação de fungos e bactérias nocivas à sobrevivência das mesmas.

Após o período de enraizamento em casa de vegetação, as estacas devem ser levadas para aclimação e crescimento em casa de sombra, com sombreamento em torno de 50%, obtido com o uso de sombrite ou outro material adequado. As estacas deverão permanecer nesta área por um período suficiente para promover a sua aclimação, o que tem sido alcançado com 10 a 20 dias.

Após a fase de aclimação, as mudas são transferidas para a área de pleno sol, onde serão rustificadas, visando sua preparação para o plantio definitivo no campo. Nesta fase, as mudas devem receber tratamentos de rustificação, diminuindo-se a irrigação e a concentração de nitrogênio das adubações. Caso as mudas tenham como finalidade a formação de minijardim clonal (técnica de miniestaquia), as estacas poderão ser plantadas no sistema semi-hidropônico quando tiverem raízes suficientes para possibilitar a sua retirada do recipiente (ver item 3.1).

A utilização de substratos com baixa disponibilidade de nutrientes faz com que as mudas de estaquia necessitem de adubações específicas durante o período de aclimação até a rustificação. Para tanto, se recomenda a adubação semanal de cobertura com seis mL por muda da seguinte formulação: sulfato de amônio (4 g L^{-1}), superfosfato triplo (10 g L^{-1}), cloreto de potássio (4 g L^{-1}) e solução de micronutrientes (10 mL L^{-1}), composta por: 9% de Zn, 1,8% de B, 0,8% de Cu, 3% de Fe, 2% de Mn e 0,12% de Mo.

É importante que, em todas as etapas envolvidas no processo de produção de mudas de araucária por estaquia, desde o enraizamento em casa de vegetação até a rustificação, seja feito o acompanhamento das condições fitossanitárias e, sempre que necessário, realizadas pulverizações curativas. Para tanto, recomenda-se o acompanhamento por um profissional habilitado para o alcance de melhores resultados.

2.9 Fluxograma geral da técnica de estaquia de araucária

Visando facilitar a compreensão das etapas envolvidas na produção de mudas de araucária por estaquia, na Figura 10 é apresentada uma sequência esquemática resumida do processo.

Fotos: Ivar Wendling



Matriz selecionada em plantio



Corte raso



Brotações basais induzidas



Em bandejas e em túneis

Casa de vegetação = enraizamento



Tratamento com AIB



Estacas preparadas



Casa de sombra

Casa de sombra = aclimação



Pleno sol

Pleno sol = crescimento/rustificação



Plantio ou Jardim miniclinal

Figura 10. Fluxograma geral da técnica de estaquia de araucária.

Fonte: Wendling (2015).

3 Produção de mudas de araucária por miniestaquia

A técnica de miniestaquia é um aprimoramento da estaquia e consiste na utilização de brotos oriundos de mudas produzidas pelo método de estaquia ou por sementes como fonte de propágulos vegetativos. Dentre as vantagens da miniestaquia em relação à estaquia destacam-se o maior grau de juvenildade dos propágulos vegetativos, maior controle fitossanitário e da nutrição mineral das minicepas, o que garante a obtenção de brotações com qualidade fisiológica mais adequada para o processo de enraizamento (PIRES et al., 2013; XAVIER et al., 2013). Além disso, a redução no tamanho dos propágulos, o aumento da produtividade de brotos por área, o melhor enraizamento e, muitas vezes, a dispensa do uso de reguladores vegetais são outras vantagens importantes.

A miniestaquia é a técnica de clonagem mais difundida entre as médias e grandes empresas florestais que trabalham com produção de mudas clonais do gênero *Eucalyptus*. A utilização da miniestaquia tem subsidiado uma evolução na silvicultura clonal com aumento da produtividade, homogeneização das florestas e, principalmente, qualificando os produtos de origem florestal. Para araucária, essa técnica de propagação apresentou aumento dos índices de enraizamento ao compará-la com a estaquia tradicional (PIRES et al., 2015). Seu uso é recomendado em larga escala para a multiplicação clonal de plantas matrizes selecionadas de araucária que apresentam características especiais de produção (produtividade e qualidade).

De modo geral, as etapas de produção de mudas via miniestaquia são similares àquelas descritas para a estaquia (itens 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6), com pequenas variações, conforme descrito a seguir.

3.1 Minijardim clonal

O minijardim clonal é definido como a área para produção de brotos formada por um conjunto de minicepas, objetivando fornecer brotações para o preparo de miniestacas. Também tem sido encontrada na literatura a denominação jardim miniclonal.

A miniestaquia de araucária é ainda recente. Os poucos estudos até o momento têm mostrado um elevado potencial da técnica à produção de mudas clonais da espécie. A condução das minicepas em sistema semi-hidropônico é eficiente para a produção de brotações, garantindo disponibilidade de brotos durante o

ano inteiro, efeito gerado pelo controle nutricional favorecido pela promoção de fertirrigações programadas e frequentes (PIRES et al., 2015; WENDLING, 2015). Além disso, o sistema semi-hidropônico favorece o manejo, condução e coleta de material propagativo, visto sua praticidade, localização e ergonomia.

A formação do minijardim inicia-se com o plantio das mudas com aproximadamente 15 cm de altura, provenientes de estacas ou sementes em sistema semi-hidropônico com leito de areia. Em torno de uma semana após, procede-se a poda do ápice das minicepas a uma altura de 5 cm a 8 cm para a quebra da dominância apical e indução de brotações axilares (PIRES et al., 2013, 2015; WENDLING, 2015).

Pires et al. (2013) apresentam uma solução nutritiva para o manejo de minicepas de araucária em sistema semi-hidropônico do tipo canaletão com areia, a qual foi ajustada visando o aumento da produção de brotos (Tabelas 3 e 4). Posteriormente, a utilização do sistema semi-hidropônico foi descrita por Pires et al. (2015), transferindo mudas produzidas por sementes com 45 dias para sistema semi-hidropônico em areia, com espaçamento de 10 cm x 15 cm e podando o ápice das mudas após uma semana de adaptação ao sistema. Os autores avaliaram duas soluções nutritivas, compostas por macro e micronutrientes, aplicadas por gotejamento numa frequência de três vezes ao dia, com vazão total de 5 L m⁻² (Tabela 4). Os autores enfatizaram a necessidade de substituição

Tabela 3. Adubos comerciais recomendados para formulação de solução nutritiva para a condução de minicepas de araucária em sistema semi-hidropônico.

Adubo comercial	Concentração (mg L ⁻¹)
Monoamônio fosfato (MAP)	80,00
Cloreto de potássio	300,00
Nitrato de cálcio	578,00
Sulfato de amônio	112,00
Sulfato de magnésio	356,00
Cloreto de cálcio	134,00
Ácido bórico	2,88
Sulfato de manganês	3,70
Molibdato de sódio	0,18
Sulfato de zinco	0,74
Hidro Fe-pó	81,80

Tabela 4. Concentrações das fontes de nutrientes puros utilizados em diferentes sistemas de manejo nutritivo de minicepas de araucária em sistema semi-hidropônico.

Fonte do elemento puro		Solução 1 ⁽¹⁾	Solução 2 ⁽²⁾	Solução 3 ⁽¹⁾
	mg L ⁻¹		
Macronutrientes	N-NO ₃	151,67	65,00	54,20
	N-NH ₄	32,72	35,00	49,55
	P	31,63	25,87	25,87
	K	234,45	101,10	200,60
	Ca	119,82	40,00	93,74
	Mg	30,55	15,00	33,70
	S	44,46	30,44	70,88
Micronutrientes	B	0,50	0,20	0,00
	Cu	0,40	0,40	0,40
	Fe	5,00	2,00	0,09
	Mn	1,04	1,60	0,04
	Zn	0,20	0,20	0,04
	Mo	0,07	0,02	0,00

⁽¹⁾ Pires et al. (2013); ⁽²⁾ Pires et al. (2015).

total da solução nutritiva a cada três semanas, ajustando a condutividade elétrica da solução em 1,6 mS m⁻² a 25 °C e o pH para 5,5±1. Ambas as soluções apresentaram-se adequadas após 11 coletas com 100% de sobrevivência das minicepas, contudo a solução nutritiva B (mais concentrada) apresentou maior produtividade de miniestacas (cerca de 27%) ao longo do período de avaliação, alcançando 1.356 miniestacas m⁻² ano⁻¹ no verão.

Estudos realizados em minijardim clonal com propágulos originários de árvores adultas de 26 anos de idade¹ mostraram resultados semelhantes aos apresentados por Pires et al. (2013). A produção de brotações foi maior no verão (920 miniestacas m⁻² ano⁻¹), sendo esta inferioridade de produção em relação ao trabalho de Pires et al. (2013) atribuída ao menor vigor de minicepas oriundas de árvores adultas.

¹ Pesquisas não publicadas desenvolvidas na Embrapa Florestas pelos pesquisadores Carlos A. Stuepp e Ivar Wendling, Colombo, 2016.

3.2 Índices de enraizamento

De maneira geral, os percentuais de enraizamento de miniestacas de araucária têm sido superiores aos de estacas. Dentre os fatores que influenciam esses maiores percentuais, pode-se destacar o maior controle nutricional das minicepas, as melhores condições ambientais (temperatura, umidade relativa do ar), o maior controle de patógenos, as podas frequentes das minicepas para coleta de propágulos e os demais tratos culturais.

Poucos estudos foram conduzidos visando avaliar os índices de enraizamento de propágulos de araucária pela técnica de miniestaquia. Em termos gerais, os índices de enraizamento têm variado entre épocas de coleta das miniestacas e clones, com resultados entre 30% e 60%, confirmando a espécie como de difícil enraizamento.

Pires et al. (2013) avaliaram a miniestaquia para a produção de mudas de araucária com a utilização de propágulos juvenis, oriundos de mudas produzidas por sementes e uso de reguladores vegetais. Os autores observaram um leve incremento nos percentuais de enraizamento até 1.500 mg L⁻¹, alcançando 32% de miniestacas enraizadas após 120 dias, em casa de vegetação climatizada. Com o objetivo de verificar a influência do manejo nutricional em minijardim seminal (propágulos juvenis) de araucária, Pires et al. (2015) avaliaram o efeito de duas soluções nutritivas nas quatro estações do ano. Os resultados mostraram que as coletas de inverno apresentaram os melhores resultados de enraizamento, com média de 83% em casa de sombra, contra 31% das demais estações.

Estudos realizados em minijardim clonal com propágulos originários de árvores adultas de 26 anos de idade², mostraram resultados semelhantes aos apresentados por Pires et al. (2013). A sobrevivência média foi de 95% na saída da casa de vegetação (SCV), 60% na saída da casa de sombra (SCS) e 27% no final do período de rustificação em pleno sol (SPS), respectivamente. Os autores verificaram ainda um aumento na sobrevivência, a medida que aumentou o comprimento das miniestacas, sendo os melhores resultados obtidos com aquelas de 8 cm. Já para o efeito de AIB, verificaram que a concentração de 2.000 mg L⁻¹ apresentou os melhores resultados de sobrevivência, de 90%, 63% e 27% em SCV, SCS e SPS, respectivamente.

² Pesquisas não publicadas desenvolvidas pelo pesquisador Carlos Stuepp da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2016.

De maneira geral, conforme pode ser observado pelos resultados anteriores, em araucária os percentuais de enraizamento verificados por meio da técnica de miniestaquia com a utilização de propágulos provenientes de árvores adultas selecionadas ainda não são considerados adequados. Novos estudos deverão ser desenvolvidos para um melhor domínio da tecnologia, considerada tão potencial para a formação de mudas visando o estabelecimento de plantios clonais para a produção de madeira da espécie.

3.3 Tipo de propágulo e tratamento asséptico

Na miniestaquia de araucária, os propágulos são menores em comparação à técnica de estaquia. Geralmente são utilizadas miniestacas apicais (sem a remoção do ápice) com 5 cm a 10 cm de comprimento e remoção das acículas da base (PIRES et al., 2013, 2015; WENDLING, 2015).

Pires et al. (2013) utilizaram miniestacas de 10 ± 1 cm e redução de $4 \pm 0,5$ cm das acículas basais. De maneira semelhante, Pires et al. (2015) utilizaram brotações de 5 cm a 8 cm de comprimento com remoção de $4 \pm 0,5$ cm das acículas da base para o preparo das miniestacas. Alguns estudos estão sendo conduzidos na Embrapa Florestas com o objetivo de avaliar diferentes tamanhos de miniestacas (4 cm, 8 cm e 12 cm). Os resultados parciais mostram não haver diferenças significativas entre os três comprimentos na saída da casa de vegetação, aos 120 dias. Contudo, a expressão do comprimento das miniestacas mostrou-se mais acentuada na saída da casa de sombra (150 dias) e a pleno sol (180 dias), sendo os melhores resultados verificados em miniestacas de 8 ± 1 cm (90%, 62,5% e 27,5% em SCV, SCS e PS, respectivamente).

3.4 Reguladores vegetais

O maior grau de juvenildade das miniestacas em comparação às estacas faz com que as concentrações de reguladores vegetais necessárias à indução radicial sejam menores, ou até mesmo desnecessárias para alguns materiais genéticos. Pires et al. (2013) avaliaram os efeitos de quatro concentrações de AIB (0 mg L^{-1} , 1.500 mg L^{-1} , 3.000 mg L^{-1} e 4.000 mg L^{-1}) em solução hidroalcoólica, por dez segundos de imersão da base das miniestacas. Verificaram que a aplicação resultou em um pequeno acréscimo no enraizamento, com os melhores percentuais (32%) verificados com 1.500 mg L^{-1} . Por outro lado, Pires et al.

(2015) verificaram que a miniestaquia de araucária com propágulos de origem seminal é tecnicamente viável sem a necessidade de aplicação de reguladores vegetais, tornando-se uma alternativa para a produção de mudas em menor tempo e durante todo o ano. Entretanto, os resultados para sobrevivência de miniestacas variaram de 83% (inverno) e 31% nas demais estações.

3.5 Recipientes e substratos para o enraizamento

Com relação aos recipientes para enraizamento, diversos tipos têm sido utilizados até o momento na propagação de araucária, sem, no entanto, apresentar um efeito determinante no sucesso do enraizamento. Pires et al. (2013) utilizaram caixas plásticas perfuradas para o enraizamento e, mais recentemente, Pires et al. (2015) adotaram tubetes de 55 cm³. Por se tratar de uma espécie com reduzido vigor radicial, a utilização de recipientes de 55 cm³ a 110 cm³ tem sido favorável, principalmente pela menor área ocupada em casa de vegetação.

A miniestaquia de araucária tem alcançado bons resultados para a sobrevivência, utilizando como substratos a mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita média (1:1, v/v) (PIRES et al., 2013, 2015; WENDLING, 2015), embora outros materiais também possam ser utilizados, principalmente os substratos comerciais desenvolvidos para estaquia (WENDLING, 2015). É importante ressaltar a necessidade de se utilizar substratos puros ou compostos que consigam proporcionar boas condições de aeração, capacidade de retenção de umidade e agregação em um único componente.

3.6 Ambiente de enraizamento

Independente da técnica empregada ser a estaquia ou a miniestaquia, o ambiente para o enraizamento inicial deve permitir a sobrevivência dos propágulos vegetativos, principalmente, pelo controle da umidade relativa do ar e da temperatura. De acordo com Wendling (2015), a permanência das miniestacas em casa de vegetação varia de 80 a 120 dias, com base na observação de enraizamento, podendo variar de acordo com a época do ano e material genético. O autor identifica ainda a necessidade de manutenção da umidade no ambiente de enraizamento acima de 80% e temperaturas relativamente constantes no seu interior, porém sempre inferiores a 30 °C.

De maneira semelhante, Pires et al. (2013, 2015) avaliaram o enraizamento de miniestacas de origem seminal em casa de vegetação com temperatura entre 20 °C e 30 °C e umidade relativa do ar superior a 80%. Os percentuais de sobrevivência mantiveram-se elevados após 120 dias, evidenciando a qualificação do sistema para manutenção da sobrevivência de miniestacas juvenis de araucária. Condições semelhantes de temperatura e umidade foram avaliadas para miniestacas oriundas de minijardim clonal (propágulos adultos), apresentando sobrevivência entre 90% e 100% após 120 dias, independentemente da estação do ano³.

3.7 Aclimação, rustificação e adubação das mudas

Existe ainda uma indefinição quanto ao tratamento ideal para aclimação e rustificação de mudas clonais de araucária. Contudo, as avaliações até o momento têm mostrado bastante semelhança dos protocolos de miniestaquia em comparação com aqueles de estaquia. De forma similar à estaquia, após a retirada das miniestacas do ambiente de enraizamento, as mudas já enraizadas são transferidas para casa de sombra (50% de sombreamento) para aclimação, por um período de dez a 35 dias (WENDLING; BRONDANI, 2015; WENDLING, 2015; WENDLING et al., 2016b). Passado o período de aclimação, as mudas já estão prontas para serem submetidas às condições de luminosidade e temperatura naturais, momento no qual são transferidas para área de pleno sol, visando a rustificação e crescimento, onde permanecem por um período variável de 30 (WENDLING et al., 2016b) a 50 dias (WENDLING; BRONDANI, 2015) ou até que estejam em condições adequadas para serem levadas ao campo (WENDLING, 2015).

Em termos de nutrição, Pires et al. (2015) adotaram adubação de base composta por 4 kg m⁻³ de superfosfato simples (20% de P₂O₅ e 14% de S) e 1,5 kg m⁻³ de FTE BR12 (9% Zn, 3% Fe, 2% Mn, 0,1% Mo, 1,8% B e 0,8% Cu) diretamente no substrato (casca de arroz carbonizada e vermiculita, 1:1 v/v).

³ Dados não publicados desenvolvidos na Embrapa Florestas pelos pesquisadores Carlos A. Stuepp e Ivar Wendling, Colombo, 2016.

3.8 Sequência esquemática da técnica de miniestaquia

Visando facilitar o entendimento das etapas operacionais envolvidas na técnica de miniestaquia de araucária, adiante será fornecida uma sequência lógica e operacional do processo, com base nos melhores resultados obtidos nos estudos desenvolvidos. Cabe reforçar que a técnica da miniestaquia pode ser iniciada com a utilização de brotações de mudas propagadas pelo método de estaquia ou de mudas produzidas por sementes como fonte de propágulos vegetativos. No entanto, para que se aproveitem todas as vantagens da propagação vegetativa, mudas oriundas de estaquia de matrizes selecionadas devem ser utilizadas para o início do processo e, conseqüentemente, a qualidade dos genótipos a serem multiplicados via miniestaquia depende da qualidade da seleção realizada na etapa da estaquia (ver item 2.8.1, Seleção da planta matriz).

3.8.1 Formação e manejo do minijardim clonal

Após a seleção e resgate das matrizes para propagação em escala comercial, deve-se proceder o plantio destas mudas no minijardim clonal. A etapa inicial de formação do minijardim consiste em podar o ápice da brotação da minicepa. Após esta poda, em intervalos de 20 a 40 dias, haverá emissão de novas brotações que poderão ser coletadas e colocadas para enraizar em casa de vegetação. Assim, a parte basal da brotação da muda podada constitui uma minicepa que fornecerá as brotações (miniestacas) para a formação de novos clones. O conjunto das minicepas denomina-se minijardim clonal. Após a obtenção das primeiras mudas de miniestaquia, é recomendável o plantio destas no minijardim em substituição àquelas produzidas por estaquia, o que resultará em maiores índices de enraizamento e vigor de raiz das novas mudas a serem formadas por miniestaquia, reflexo da maior juvenildade dos propágulos.

O minijardim clonal pode ser instalado em diferentes modelos, podendo ser constituído em tubetes dispostos em bandejas, vasos, sistema semi-hidropônico em areia (canaletão) e mantidos em viveiro ou estufas, com ou sem o controle das condições ambientais. Pelos resultados experimentais obtidos, o sistema semi-hidropônico (Figura 11) é o mais indicado, pois apresenta maior produtividade (Tabela 5), qualidade dos brotos, facilidade de manejo e menor incidência de doenças, assim como possibilita a produção de propágulos durante todo ano.



Figura 11. Minijardim clonal de araucária em sistema semi-hidropônico (esquerda) e detalhe de minicepa (direita).

Tabela 5. Dados de produtividade de minijardim clonal de araucária estabelecido durante um ano, em sistema de tubete e semi-hidropônico em areia, em Colombo, PR.

Data	IC (dias)	Tubetes ⁽¹⁾			Semi-hidropônico			
		ME	MC ⁻²	ME m ⁻² mês ⁻²	SMC	ME.MC ⁻²	ME m ⁻² mês ⁻²	SMC
02/04/2009	35	4,8		329,1	100,0	8,2	562,3	100
22/04/2009	20	8,0		960,0	95,0 ⁽²⁾	5,1	612,0	100
21/07/2009	90	0,0		0,0	100,0	3,5	93,3	100
31/08/2009	41	0,0		0,0	100,0	5,5	322,0	100
01/10/2009	31	0,0		0,0	100,0	6,5	503,2	100
05/11/2009	35	0,0		0,0	100,0	5,8	397,7	100
03/12/2009	28	10,4		184,9	100,0	7,8	668,6	100
07/01/2010	35	6,0		411,4	100,0	8,0	548,6	100
11/02/2010	35	5,6		384,0	100,0	9,8	672,0	100
29/03/2010	46	4,8		250,4	100,0	9,4	490,4	100
29/04/2010	31	2,0		154,8	100,0	4,8	371,6	100
Média	39	3,8		243,2	99,5	6,8	476,5	100

⁽¹⁾ Tubetes de 110 cm³, substrato casca de pinus e vermiculita média (1:1, v/v); IC = intervalo entre coletas de miniestacas; ME = miniestacas; MC = minicepas; SMC = sobrevivência de minicepas. ⁽²⁾ minicepa morta posteriormente replantada.

A adubação das minicepas no minijardim clonal de araucária deve ser a mais adequada possível, visando proporcionar elevada produção de brotações para atender a produção de mudas e em condições fisiológicas adequadas para a formação de raízes. O pH da solução inicial deve ser ajustado para $6,0 \pm 0,5$. A solução nutritiva deverá ser aplicada três vezes ao dia, com vazão total de 4 L m^{-2} a 5 L m^{-2} . Quando a condutividade elétrica da solução drenada do sistema se tornar maior que 3 mS cm^{-1} a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, deve ser realizada irrigação com água pura para lavar o excesso de sais, com aproximadamente 11 L m^{-2} (WENDLING, 2015).

3.8.2 Coleta e transporte das brotações e preparo das miniestacas

A coleta de miniestacas no minijardim clonal é realizada de forma seletiva, em períodos a serem definidos conforme o vigor das brotações, colhendo-se todas aquelas que tenham, no mínimo, 5 cm de comprimento (Figura 12).



Figura 12. Coleta de miniestacas de araucária (esquerda) e miniestaca preparada (direita).

As miniestacas são preparadas com 5 cm a 10 cm de comprimento, mantendo-se a região apical intacta e removendo o terço basal ou mais das acículas. Recomenda-se o corte em bisel na base das miniestacas para facilitar sua inserção no substrato e ampliar a superfície de enraizamento. Durante todo o processo,

as brotações devem ser armazenadas em caixas de isopor ou similar contendo água resfriada, a fim de minimizar a perda da turgescência celular dos tecidos vegetais e a oxidação. O período entre o preparo e o plantio das miniestacas no substrato, dentro da casa de vegetação, deverá ser o mais reduzido possível, sempre que possível, inferior a 20 minutos.

3.8.3 Tratamentos pós-colheita nas miniestacas e equipamentos

Tendo em vista a origem das miniestacas ser de ambiente protegido (estufa) e não de condições de campo, como no caso da estaquia, não tem sido recomendada a sua desinfestação. Outro fator que favorece a manutenção de boas condições fitossanitárias nas minicepas é a ausência de irrigações superficiais, mantendo as brotações livres de umidade e diminuindo os riscos de proliferações de patógenos. É recomendado o acompanhamento das miniestacas durante o período de permanência em casa de vegetação, bem como das minicepas no minijardim clonal, fazendo-se tratamentos curativos caso haja incidência de patógenos. Se este for o caso, um profissional habilitado deverá ser consultado.

3.8.4 Enraizamento, aclimação, crescimento e rustificação

Para a produção de mudas clonais de araucária por miniestaquia, as miniestacas são colocadas para enraizamento em casa de vegetação (permanência de 80 a 120 dias), seguindo posteriormente para a casa de sombra (permanência de 10 a 20 dias), para crescimento e aclimação, e, finalmente, transferidas para pleno sol, onde serão rustificadas para posterior plantio em condições de campo. Os períodos de permanência das miniestacas em casa de vegetação e de sombra, conforme descrito anteriormente, dependem da época do ano, das condições oferecidas pelo ambiente de propagação e do material genético envolvido.

Quanto à aplicação de reguladores vegetais promotores de enraizamento, recomenda-se concentrações de até 2.000 mg L⁻¹, variável em função do material genético e da idade da planta matriz. Essas concentrações, porém, devem ser avaliadas para cada clone, condição climática e manejo nutricional das minicepas.

A miniestaquia a partir de brotações de mudas produzidas por sementes (clonagem em nível de famílias) é uma ferramenta com potencial para obtenção

de melhorias da qualidade genética das mudas produzidas, pois, mesmo que não se tenha certeza do genótipo a ser multiplicado, têm-se estimativas de superioridade das plantas matrizes, bem como uma maior uniformidade dos plantios obtidos. Além disso, são de suma importância nos casos em que as sementes são demasiadamente caras, de qualidade genética superior e insuficientes para o suprimento da demanda comercial, possibilitando a produção de mudas durante todo ano, sem dependência da disponibilidade de sementes.

Do período de aclimação até a rustificação, recomenda-se a aplicação semanal de adubação de cobertura com 6 mL por muda da seguinte formulação: sulfato de amônio (4 g L^{-1}), superfosfato triplo (10 g L^{-1}), cloreto de potássio (4 g L^{-1}) e solução de micronutrientes (10 mL L^{-1}), composta por: 9% de Zn, 1,8% de B, 0,8% de Cu, 3% de Fe, 2% de Mn e 0,12% de Mo.

3.9 Fluxograma geral da técnica de miniestaquia de araucária

Visando facilitar a compreensão das etapas envolvidas na produção de mudas de araucária por miniestaquia, a Figura 13 apresenta uma sequência esquemática resumida do processo.

Fotos: Ivar Wendling



Figura 13. Fluxograma geral da técnica de miniestaqueira de araucária.

Fonte: Wendling (2015).

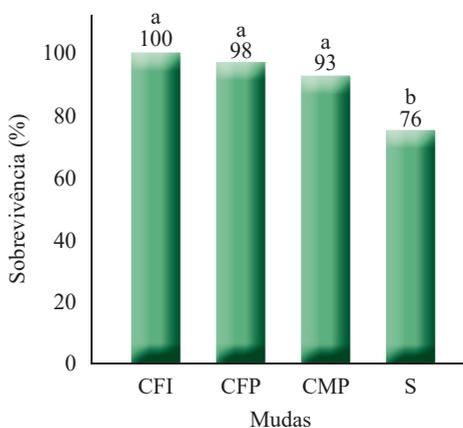
4 Avaliação em campo de mudas produzidas por propagação vegetativa

Para qualquer tecnologia de propagação, um dos passos mais importantes é a avaliação do crescimento e desenvolvimento das mudas em condições de campo. No caso da araucária, a avaliação da produtividade e qualidade comparativa de mudas produzidas por propagação sexuada e vegetativa é de fundamental importância para a validação da silvicultura clonal da espécie.

Em abril de 2008 foi estabelecido o primeiro e único (até o momento) teste clonal de araucária com mudas de estaquia no Município de Colombo, PR, com três clones machos, três clones fêmeas e mudas de vários clones (misto de clones), obtidos de árvores adultas estabelecidas em teste de procedências e progênes implantado em abril de 1980, propagadas conforme detalhado por Wendling e Brondani (2015). Como testemunha, foram plantadas mudas produzidas a partir de sementes. O plantio no campo foi realizado no espaçamento de 3 m x 3 m. No momento do plantio, as mudas de estaquia estavam com seis meses de idade e as de sementes com quatro meses. Avaliações de sobrevivência (Figura 14) e crescimento (Figura 15), embora ainda precoces, indicam um bom comportamento dos clones avaliados, quando comparado com mudas produzidas por semente (testemunha), principalmente dos clones do sexo feminino.

Figura 14. Sobrevivência de plantas de araucária aos nove meses após o plantio. Onde: CFI = Mudas produzidas com estacas da parte intermediária dos ramos de plantas femininas; CFP = Mudas produzidas com estacas da parte apical dos ramos de plantas femininas; CMP = Mudas produzidas com estacas da parte apical dos ramos de plantas masculinas e; S = Mudas produzidas por sementes. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Wendling et al. (2016a)



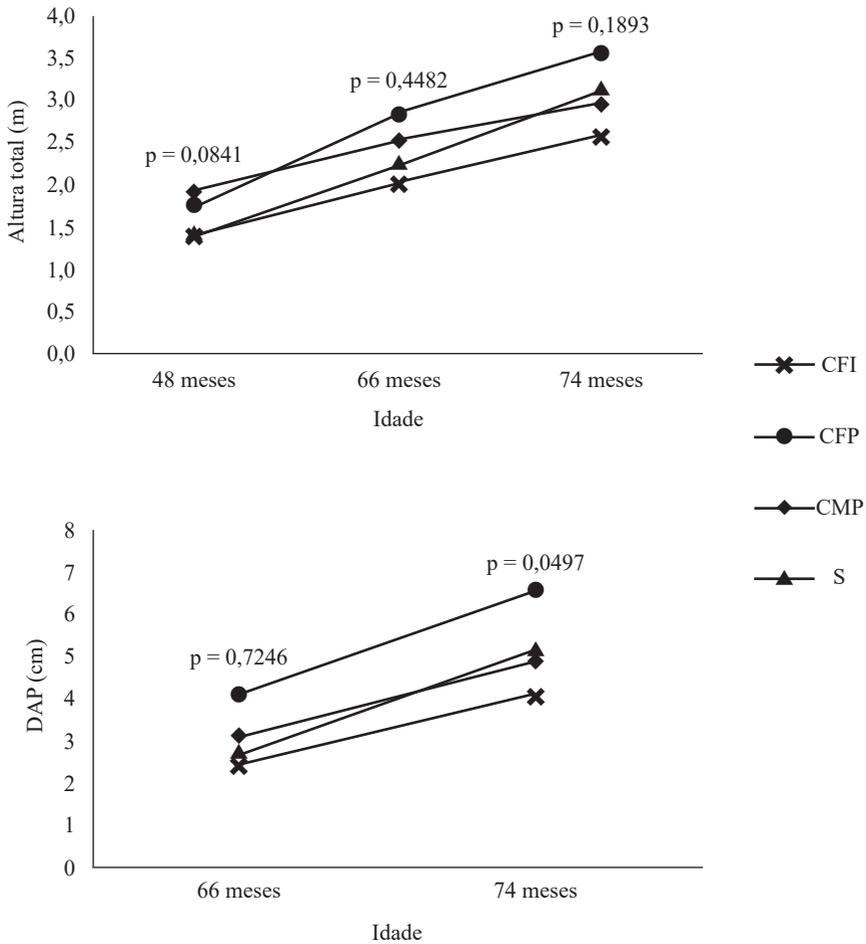


Figura 15. Altura total média aos 48, 66 e 74 meses após o plantio (acima) e diâmetro à altura do peito (DAP) aos 66 e 74 meses após o plantio (abaixo) em função do método de propagação e origem das mudas utilizadas no plantio de araucária. Onde: CFI = Mudas produzidas com estacas intermediárias de plantas femininas; CFP = Mudas produzidas com estacas apicais de plantas femininas; CMP = Mudas produzidas com estacas apicais de plantas masculinas e; S = Mudas produzidas por sementes.

Fonte: Wendling et al. (2016a)

Na Figura 16 pode ser visto o mesmo teste clonal de araucária, conforme discutido anteriormente, evidenciando as plantas oriundas de estaquia, agora com seis anos de idade, com grande uniformidade de diâmetro e altura.



Figura 16. Teste clonal de araucária aos nove anos de idade, evidenciando as plantas produzidas por estaquia.

5 Considerações gerais

As técnicas de estaquia e miniestaquia ora apresentadas e descritas para araucária trazem uma grande oportunidade de inserção da espécie na silvicultura clonal brasileira. Tendo em vista os baixos percentuais de enraizamento obtidos pela técnica de estaquia (inferiores a 50%), esta somente é recomendada para o resgate de árvores selecionadas e para formação do minijardim clonal. A miniestaquia, por outro lado, é uma técnica de grande potencial para a espécie, tendo em vista seus percentuais gerais de sobrevivência e enraizamento maiores e, principalmente, a melhor qualidade das mudas formadas. Cabe ressaltar que os índices de enraizamento na miniestaquia ainda precisam ser melhorados, necessitando-se, assim, mais estudos nesta linha do conhecimento para torná-la viável em escala comercial.

Referências

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2004. 442 p.
- BETTIO, G. P.; WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Enraizamento de estacas de *Araucaria angustifolia*. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 7., 2008, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2008. CD ROM.
- CASSANA, F. F. **Ecofisiologia da absorção de água por folhas do pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*)**. 2012. 121 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- COPEES, D. L.; MANDEL, N. L. Effect of IBA and NAA treatments on rooting Douglas-fir stem cuttings. **New Forests**, v. 20, p. 249-257, 2000. DOI: 10.1023/A:1006752717350.
- DELGADO, M. E.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Indução de brotações basais e estaquia de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 6., 2007, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2007. CD-ROM.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915 p.
- IRITANI, C.; ZANETTE, F.; CISLINKSKI, J. Aspectos anatômicos da cultura in vitro da *Araucaria angustifolia*. II. 0 enraizamento dos brotos axilares. **Acta Biológica Paranaense**, n. 22, v. 1/2/3/4. p. 1-13, 1993.
- IRITANI, C.; SOARES, R. V. Indução do enraizamento de estacas de *Araucaria angustifolia* através da aplicação de reguladores de crescimento. **Silvicultura**, v. 8, n. 28, p. 313-317, 1983.
- IRITANI, C.; SOARES, V. R.; GOMES, A. V. Aspectos morfológicos da ação de reguladores de crescimento em estacas de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. **Acta Biológica Paranaense**, v. 15, p. 1-20, 1986. DOI: 10.5380/abpr.v15i0.815.
- KRATZ, D.; WENDLING, I.; PIRES, P. P.; STUEPP, C. A. Produção de mudas de erva-mate por miniestaquia em substratos renováveis. **Floresta**, v. 45, n. 3, 2015. DOI: 10.5380/ rf.v45i3.36531
- NIELLA, F.; ROCHA, P. Efecto del tratamiento inductivo en el enraizamiento de estacas de *Araucaria angustifolia*, *Myrocarpus frondosus*, y *Balfourodendron riedelianum*. **Yvyrareta**, n. 14, p. 41-46, 2007.

OLIVEIRA, L. S. **Enxertia, microenxertia e descrição do tropismo em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** 2010. 90 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PEREIRA, G. P. **Atividade respiratória de meristemas apicais de ramos plagiotrópicos e enraizamento de estacas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze.** 2013. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PIRES, P.; WENDLING, I.; AUER, C.; BRONDANI, G. Sazonalidade e soluções nutritivas na miniestaquia de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 283-293, 2015. DOI: 10.1590/0100-67622015000200008.

PIRES, P. P.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Ácido indol butírico e ortotropismo na miniestaquia de *Araucaria angustifolia*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 393-399, 2013. DOI: 10.1590/S0100-67622013000300002.

RAGONEZI, C.; KLIMASZEWSKA, K.; CASTRO, M. R.; LIMA, M.; OLIVEIRA P.; ZAVATTIERI, M. A. Adventitious rooting of conifers: influence of physical and chemical factors. **Trees**, v. 24, p. 975-992, 2010. DOI: 10.1007/s00468-010-0488-8.

RASMUSSEN, A.; SMITH, T. E.; HUNT, M. A. Cellular stages of root formation, root system quality and survival of *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* cuttings in different temperature environments. **New Forests**, v. 38, p. 285–294, 2009. DOI: 10.1007/s11056-009-9147-6.

SHIBUYA, T.; TANIGUCHI, T.; TSUKUDA, S.; SHIOZAKI, S.; ITAGAKI, K. Adventitious root formation of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) cuttings is stimulated by soaking basal portion of cuttings in warmed water while cooling their apical portion. **New Forests**, v. 45, p. 589-602, 2014. DOI: 10.1007/s11056-014-9414-z.

TESSDORFF, J. N. F. Enraizamento en estacas de híbridos de *Araucaria* com ayuda de hormonas. In: CONGRESSO FLORESTAL ARGENTINO, 1968. **Anais...** Buenos Aires: Serviço Nacional Forestal, 1971. p. 290-291.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. E.; DUTRA, L. F.; HANSEL, F. A. Mini-cuttings technique: a new ex vitro method for clonal propagation of sweetgum. **New Forests**, v. 39, n. 3, p. 343-353, 2010. DOI: 10.1007/s11056-009-9175-2.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. Vegetative rescue and cuttings propagation of *Araucaria angustifolia*. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 93-104, 2015. DOI: 10.1590/0100-67622015000100009.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; HOFFMANN, H. A.; BETTIO, G.; HANSEL, F. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. **Agronomia Costarricense**, v. 33, n. 2, p. 309-319, 2009.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. (Ed.). **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 184 p.

WENDLING, I. **Estaquia e miniestaquia de *Araucaria angustifolia* para produção de madeira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 9 p. (Comunicado técnico 350).

WENDLING, I. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 46 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 91).

WENDLING, I.; STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Araucaria clonal forestry: types of cuttings and mother tree sex in field survival and growth. **Cerne**, v. 22, n. 1, p. 19-26, 2016a. DOI: 10.1590/01047760201622012105.

WENDLING, I.; STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Rooting of *Araucaria angustifolia*: types of cuttings and stock plants sex. **Revista Árvore**, v. 40, p. 1013-1021, 2016b. DOI: 10.1590/0100-67622016000600006.

WENDLING, I.; TRUEMAN, S.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry-part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v. 1, p. 1-14, 2014. DOI: 10.1007/s11056-014-9415-y.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2013. 279 p.

Capítulo**Produção de mudas de araucária
por enxertia***Ivar Wendling**Flávio Zanette**Helena Cristina Rickli-Horsti**Valdeci Constantino*

1 Introdução

A enxertia consiste numa técnica de propagação vegetativa, na qual ocorre a união de partes de uma planta em outra, que servirá de suporte e fornecimento de um sistema radicular, de tal forma que se desenvolvam, originando uma única planta, embora cada uma delas mantenha sua individualidade genotípica (HARTMANN et al., 2011; XAVIER et al., 2013).

A parte que fica abaixo da união do enxerto, que representa o sistema radicular da planta enxertada, é denominada de porta-enxerto, cavalo ou hipobioto. A porção superior que corresponde a copa é chamada de enxerto, cavaleiro ou epibioto. O enxerto é a parte produtiva da planta que se pretende multiplicar (planta selecionada), ao passo que o porta-enxerto é, geralmente, representado por uma planta jovem vigorosa, proveniente de sementes ou de estacas e que apresente boa adaptabilidade e sistema radicular funcional.

2 Importância e uso da enxertia para espécies florestais

Dentre as várias aplicações da enxertia na área florestal, Hartmann et al. (2011) e Xavier et al. (2013) destacam: 1) multiplicação de clones que não podem ser propagados economicamente ou mantidos por outros métodos assexuados; 2) manutenção das características genéticas da planta que se quer multiplicar; 3) propiciar floração e frutificação precoces; 4) resistência a certas doenças e pragas em função do porta-enxerto; 5) formação de pomares de produção de sementes; 6) obtenção de formas especiais no crescimento da planta; 7) restauração de plantas, substituindo a copa; 8) possibilidade de fixação de híbridos; 9) possibilidade de transformar plantas estéreis em produtivas, enxertando propágulos do sexo oposto; 10) técnica de resgate vegetativo de genótipos selecionados, visando atender aos objetivos de clonagem, principalmente para aqueles que não possuem a capacidade de emitir brotações basais ou que não podem ser podados drasticamente; 11) técnica de rejuvenescimento de clones; 12) combinação de diferentes variedades e/ou cultivares e; 13) estudo do desenvolvimento e processos fisiológicos e morfogênicos da planta.

Especificamente para araucária, a enxertia já foi recomendada para a produção de mudas com os seguintes objetivos: obtenção de plantas de porte reduzido

(WENDLING, 2011, 2015), frutificação precoce (WENDLING, 2011, 2015; ZANETTE, 2010; ZANETTE et al., 2011), obtenção de plantas de sexo e época de frutificação (precoce, intermediária e tardia) definidos com objetivo específico de produção de pinhões (WENDLING, 2011; 2015; ZANETTE, 2010; ZANETTE et al., 2011), instalação de bancos e pomares de sementes clonais (GURGEL; GURGEL-FILHO, 1967; KAGEYAMA; FERREIRA, 1975), resgate e clonagem de matrizes selecionadas e implantação de programas de silvicultura clonal da espécie (WENDLING et al., 2009a).

3 Aspectos básicos sobre enxertia

3.1 União e formação do enxerto

Três eventos básicos são fundamentais para o sucesso da enxertia, sendo eles: contato entre as partes (enxerto e porta-enxerto); proliferação celular na região da união; e diferenciação vascular, unindo as duas partes enxertadas (HARTMANN et al., 2011). Dessa forma, após o preparo do porta-enxerto e do enxerto, estes são unidos, visando manter o contato entre ambos. Após a operação de enxertia ter sido realizada, a união entre as duas partes inicia-se pela divisão das células, formando um calo composto de tecido cicatricial (tecido parenquimático), com posterior diferenciação vascular recompondo o floema e o xilema secundário, de acordo com a técnica de enxertia adotada (Figura 1).

O câmbio vascular localizado entre o floema e o xilema é constituído por células meristemáticas capazes de se dividirem e formarem novas células. Para o sucesso da enxertia, é essencial que os câmbios do porta-enxerto e do enxerto estejam em contato direto, permitindo a comunicação entre o xilema e o floema secundário das partes enxertadas (XAVIER et al., 2013). Já no caso específico da araucária, Rickli-Horst (2017) concluiu que o contato dos câmbios do porta-enxerto e enxerto não é necessário, visto que as células meristemáticas do parênquima cortical podem fazer a união.

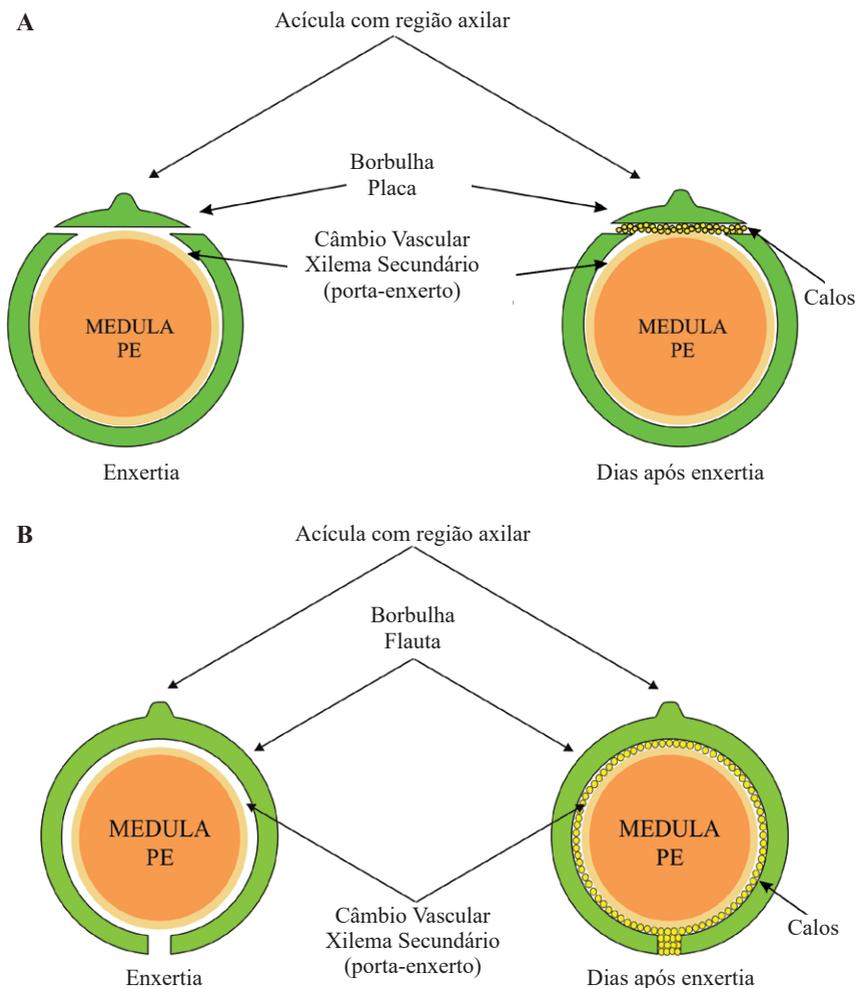


Figura 1. Figura esquemática das fases de união e formação de tecidos na propagação por enxertia, por borbulhia de placa (A) e flauta (B), mostrando os tecidos envolvidos e a união do enxerto com porta-enxerto (PE).

3.2 Tipos de porta-enxertos

Os porta-enxertos são originados da propagação seminal ou vegetativa (por estaquia, mergulhia ou micropropagação), os quais podem influenciar o crescimento e desenvolvimento da planta enxertada, bem como os objetivos desejados com a técnica. O porta-enxerto produzido por semente possui algumas vantagens, como a simplicidade e economia na sua produção e redução dos riscos de transmissão de doenças para o enxerto. As características de juvenilidade estão mais presentes neste porta-enxerto, o que permite maior êxito da enxertia. Como desvantagem, destaca-se a existência da variabilidade genética entre os porta-enxertos, o que pode levar a uma diferença de respostas no crescimento e na produção das plantas enxertadas.

Com relação ao porta-enxerto formado por propagação vegetativa é possível a produção de grande quantidade de plantas com características idênticas, o que pode resultar em uma maior homogeneidade de resposta da enxertia, devido à uniformidade proporcionada pela clonagem.

3.3 Relação entre enxerto e porta-enxerto

A combinação de plantas diferentes (genótipos) com a utilização da enxertia pode resultar em novos indivíduos com padrões de crescimento diferentes daqueles que ocorreriam naturalmente se cada parte crescesse separadamente. Alguns desses efeitos são de grande interesse à silvicultura, enquanto outros são indesejáveis e devem ser evitados. Segundo Hartmann et al. (2011), essas alterações podem resultar em características específicas de uma das partes do enxerto que não são encontradas na outra parte, como, por exemplo, resistência a certas doenças, insetos ou nematóides, tolerância a certas adversidades ambientais ou condições do solo, interações entre enxerto e porta-enxerto que alteram o tamanho, crescimento, produtividade e qualidade dos frutos ou outros atributos silviculturais.

Os resultados podem surgir no longo prazo, dependendo tanto da interação enxerto e porta-enxerto, quanto do ambiente, forma de propagação e manejo da planta (XAVIER et al., 2013).

3.4 Incompatibilidade na enxertia

O termo incompatibilidade pode ser confundido com uma série de falhas nas técnicas utilizadas para a união do enxerto com o porta-enxerto, onde duas plantas são consideradas incompatíveis quando não formam uma união perfeita (Figura 2).

Fotos: Ivar Wendling



Figura 2. Incompatibilidade em planta enxertada (enxertia por garfagem) de araucária gerada por diferenças morfogênicas entre enxerto (galho) e porta-enxerto (tronco). Planta com um ano (A) e 7 anos após a enxertia (B).

Segundo Hartmann et al. (2002), os principais sintomas de incompatibilidade são: falta de união entre o enxerto e o porta-enxerto, morte prematura da planta (de 1 a 2 anos após a enxertia), crescimento anormal da planta (baixo vigor, amarelecimento e queda prematura de folhas), crescimento diferenciado entre enxerto e porta-enxerto, diferenças na iniciação do crescimento vegetativo sazonal e crescimento exagerado acima ou abaixo da união do enxerto com o porta-enxerto.

As causas da incompatibilidade não são bem esclarecidas. A sugestão é de que substâncias essenciais de natureza enzimática ou hormonal sintetizadas pela parte superior do enxerto seriam alteradas com a sua passagem pela união do

enxerto com o porta-enxerto, levando à morte deste (GARNER, 1995). Segundo Hartmann et al. (2011), em alguns casos, acredita-se que a incompatibilidade possa ser resultante da falta de algum elemento mineral essencial ou substância de crescimento, o que às vezes pode ser resolvido mantendo-se algumas folhas no porta-enxerto.

Para *Araucaria cunninghamii*, de longa data a incompatibilidade na enxertia tem sido reconhecida como um problema, principalmente na formação de pomares biclonais para a produção massal de famílias de irmãos germanos (HAINES; DIETERS, 1990). Segundo os mesmos autores, duas formas de incompatibilidade são descritas para a espécie: incompatibilidade precoce e tardia. A incompatibilidade precoce é caracterizada pelo brotamento vigoroso da gema, pequeno alongamento e clorose do enxerto, seguido pela sua morte. Os enxertos que mostram grande alongamento e depois pequena taxa de crescimento, inchamento na união com o porta-enxerto, clorose, necrose e, finalmente, morte do enxerto têm sido descritos como afetados pela incompatibilidade tardia.

Enxertos compatíveis e com incompatibilidade precoce nem sempre podem ser distinguidos claramente antes do terceiro ano após a enxertia. Em estudo envolvendo plantas enxertadas de *A. cunninghamii*, Haines e Dieters (1990) observaram média de 15% de incompatibilidade em pomar com 10 anos após a enxertia. Dos 199 clones estudados, somente dois apresentaram alta incompatibilidade tardia, sendo a compatibilidade média do pomar em torno de 75%. Em outro estudo com *A. cunninghamii*, Dieters e Haines (1990) avaliando o efeito da família do porta-enxerto e o genótipo do enxerto concluíram que, quando utilizados porta-enxertos oriundos de sementes da planta matriz a ser enxertada, reduziu muito a ocorrência de incompatibilidade.

Para araucária um fator muito comum que pode gerar a incompatibilidade é a enxertia de ramo ou borbulha de origem plagiotrópica sobre um porta-enxerto ortotrópico. Devido às suas formas de crescimento diferenciadas, provavelmente proporcionadas por diferenças morfogênicas ou variação hormonal, podem gerar problemas de incompatibilidade na enxertia. Com o uso de borbulhas plagiotrópicas gera-se uma maior dificuldade na sustentação do enxerto em razão da sua forma de crescimento horizontal, acarretando em uma maior fragilidade da região de soldadura, o que pode resultar em uma incompatibilidade tardia.

4 Fatores que influenciam o sucesso da enxertia

Para que a enxertia tenha sucesso, alguns requisitos básicos devem ser observados (HARTMANN et al., 2011; PAIVA; GOMES, 2011):

Afinidade entre as plantas: do ponto de vista botânico, o porta-enxerto e o enxerto devem ser o mais próximo possível quanto ao grau de parentesco. De modo geral, o maior sucesso da enxertia ocorre dentro do mesmo indivíduo, seguido por aquela realizada entre clones dentro de espécies, entre espécies dentro de gênero, entre gêneros dentro de famílias e, por fim, enxertia entre famílias. Para *A. cunninghamii*, Haines e Dieters (1990) concluíram que o mais indicado é a produção de porta-enxertos com sementes da matriz (clone) a ser enxertada, o que somente é possível para enxertos de sexo feminino, no caso de plantas dioicas.

Analogia entre as plantas: deve ser respeitada uma certa semelhança em relação à fisiologia, anatomia, consistência dos tecidos, porte e vigor entre enxerto e porta-enxerto. A analogia na anatomia torna-se necessária para promover uma estreita associação entre os tecidos, de modo a formarem uma conexão contínua para o deslocamento das substâncias de crescimento.

Vigor e estágio de desenvolvimento: a enxertia é mais bem-sucedida em plantas com bom crescimento. Da mesma forma, os tecidos mais juvenis respondem mais rapidamente e de forma adequada ao processo de enxertia.

Época do ano: a época do ano em que se procede a enxertia é de grande importância para o seu sucesso e pode ser variável de acordo com a técnica adotada. Para enxertia por borbulhia em araucária, segundo estudos de Zanette et al. (2011), o outono é a época mais recomendada para borbulhia em placa, embora os melhores resultados tenham sido somente de 50% de sobrevivência. Com o aperfeiçoamento da técnica, os últimos resultados obtidos com a borbulhia em janela aberta, placa ou escudo, tem se situado entre 80% e 90%, quando a enxertia é realizada na primavera ou verão. No caso da enxertia por garfagem, a época mais adequada é aquela que se aproxima da saída do inverno (WENDLING, 2015). Estudos mais recentes (CONSTANTINO; ZANETTE, 2015) concluíram que o pegamento do enxerto em araucária varia muito pouco quando realizado nas diferentes estações do ano, na região de Curitiba, PR. Porém, o que pode variar muito é o início da brotação do enxerto. Constatou-se que, no final da primavera e no verão, a brotação do enxerto é mais precoce do que em outros períodos.

Condições ambientais durante e após a enxertia: época do ano, temperatura, umidade, ventos e outros fatores ambientais influenciam o sucesso da enxertia e são básicos para a escolha do melhor momento para efetuá-la. Altas temperaturas e baixa umidade podem causar dessecação rápida do enxerto. Embora não se disponha de estudos específicos, observações têm indicado que temperaturas de até 27 °C são tidas como as ideais para um bom pegamento, desenvolvimento e crescimento do enxerto.

Tipo de propágulo utilizado na enxertia: entre as diferentes técnicas de enxertia, o tipo de propágulo utilizado varia com a espécie, bem como a técnica a ser adotada. Para araucária (KAGEYAMA; FERREIRA, 1975; WENDLING, 2011, 2015; ZANETTE, 2010; ZANETTE et al., 2011) e *A. cunninghamii* (NIKLES, 1964), a enxertia por borbulhia em escudo/placa tem sido a mais recomendada, embora para a araucária a enxertia por garfagem e borbulhia de flauta também apresentem bons resultados (WENDLING, 2011, 2015).

Condições materiais e ambientais na enxertia: durante e após a enxertia, fatores como o estado hídrico e nutricional, tanto do porta-enxerto como do enxerto, devem ser mantidos o melhor possível; o recipiente e substrato utilizados na produção do porta-enxerto e local de enxertia devem ser observados; os materiais (fitilho, sacolas plásticas, etc.) e instrumentos (canivetes, tesoura de poda, etc.) utilizados devem ser o mais adequados possível, conforme o tipo de enxerto e as condições locais da propagação; o local de permanência dos porta-enxertos influencia diretamente no processo de enxertia. É possível realizar enxertia tanto em porta-enxertos em viveiro, mantidos em sacos plásticos ou vasos, quanto diretamente no campo.

Quando a enxertia é realizada diretamente no campo, tem como principal vantagem a formação de um sistema radicular mais desenvolvido, resultando no desenvolvimento rápido e uniforme das brotações e um crescimento vigoroso, proporcionando maior facilidade e rapidez na formação da parte aérea da planta. No entanto, o custo para a manutenção do porta-enxerto no campo é maior, até que esteja apto para a enxertia. Plantas em embalagens, mantidas no viveiro podem promover o enovelamento do sistema radicular nos porta-enxertos, interferindo no sucesso da enxertia (AGUIAR et al., 2006; WENDLING et al., 2009b). Porém, há uma maior praticidade no momento da execução da enxertia.

Para a araucária pode-se realizar enxertia diretamente no campo como também em porta-enxertos estabelecidos em embalagens no viveiro. Segundo estudos

realizados por Rickli-Horst (2017), não há diferenças no pegamento dos enxertos nos dois locais utilizados (campo e viveiro), porém observou-se que, quando realizada diretamente a campo, há maior necessidade de tratos culturais, para garantir uma boa sobrevivência dos enxertos durante o primeiro ano, bem como a redução do período para o início das brotações dos enxertos.

Amarrio: a manutenção do adequado contato entre enxerto e porta-enxerto deve ser promovida até a completa união. Podem ser usados diversos materiais, como arame fino e fita de polietileno de 1,2 cm de largura, também chamado fitilho, cujo objetivo também é evitar o ressecamento da parte enxertada. Os mais indicados são os fitilhos que permitam uma certa expansão com o aumento do diâmetro do enxerto, evitando a ocorrência de estrangulamento. Aliado a isso, são recomendados também os fitilhos biodegradáveis, uma vez que não necessitam ser removidos do enxerto.

Habilidade do enxertador: constitui-se em um dos principais fatores do sucesso da técnica, pois a enxertia necessita de um bom treinamento e habilidade de quem a pratica. O operador deve ser muito cuidadoso, trabalhar sempre com ferramentas de qualidade e bem afiadas, executar os cortes com firmeza para deixá-los lisos e sem dilaceração dos tecidos, praticar a operação com rapidez, para evitar exposição dos cortes e apertar o amarrilho uniformemente. No momento da enxertia é necessária muita atenção por parte do enxertador com o posicionamento da borbulha no porta-enxerto, sem invertê-la, para garantir o sucesso da técnica.

5 Revisão sobre estudos de enxertia da araucária

Os estudos de enxertia da araucária no Brasil foram iniciados por Gurgel e Gurgel-Filho (1967), que relataram um pegamento variando de 0% a 27%, obtido para os seguintes processos de enxertia: garfagem lateral no alburno (27%), garfagem lateral sob casca (13%), garfagem sob casca a cavalo no colete (23%) e garfagem em fenda inglês complicado (0%). Posteriormente, foram realizados outros estudos sobre o assunto, como o de Kageyama e Ferreira (1975), que tinha como objetivo a instalação de bancos e pomares clonais de sementes, visando à conservação genética de material superior para a utilização em programa de melhoramento genético. Naquele estudo, foram avaliadas as enxertias por garfagem em fenda completa, garfagem em fenda lateral no

alburno, garfagem inglês simples, janela aberta (borbulhia de placa), utilizando como enxerto ramos ortotrópicos e plagiotrópicos de araucária. Foram utilizadas porções terminais de brotos existentes na base e ao longo do tronco das árvores. Em todas as técnicas foram utilizados enxertos ortotrópicos e, para enxertos plagiotrópicos, só foi testada a garfagem em fenda lateral. Foram obtidos resultados positivos para as técnicas testadas, com pegamento acima de 90% para todos os tipos de enxertia.

Objetivos e técnicas de enxertia: deve-se atentar para os objetivos a serem alcançados com a enxertia para escolha do tipo de propágulo e seu local de coleta dentro da planta matriz. No caso de se objetivar a formação de plantas que apresentem frutificação precoce e de porte mais reduzido, o propágulo deve ser o ortotrópico, coletado próximo ao ápice da planta (WENDLING et al., 2009b). Como os ramos laterais primários e secundários (grimpas) da araucária não apresentam o crescimento ortotrópico, torna-se imprescindível o uso de métodos que induzam brotações novas de crescimento vertical (ortotrópico) no tronco. Se o objetivo for a produção de mudas de araucária para fins madeireiros, as brotações devem ser coletadas mais próximas da base da planta matriz quanto possível, pois são mais juvenis (WENDLING et al., 2009b).

A enxertia com propágulos de ramos primários de uma planta adulta deu origem ao primeiro registro de florescimento de enxerto masculino, 4 anos após a enxertia, utilizando-se garfagem em fenda cheia no topo do cavalo. O florescimento das fêmeas pela mesma metodologia ocorreu aos 6,5 anos após a enxertia, em plantas de porte reduzido (WENDLING, 2015).

Uma série de estudos relacionados à enxertia da araucária foram desenvolvidos de agosto de 2010 a setembro de 2014, na Embrapa Florestas, em Colombo, PR (WENDLING et al., 2016). De acordo com os resultados do primeiro estudo, a sobrevivência de plantas enxertadas com propágulos femininos foi superior a daquelas do sexo masculino. No segundo estudo, dentre vários métodos (inglês simples, inglês complicado, garfagem de topo e borbulhia de placa), com o uso de enxertos de brotações de cepa de plantas adultas, a borbulhia de placa resultou em maior sobrevivência em relação às demais técnicas. No terceiro estudo foram comparadas as técnicas de borbulhia de placa e de flauta, utilizando como enxerto brotações de plantas enxertadas com hábito de crescimento “tendendo a ortotrópico”, onde a borbulhia de flauta apresentou melhores resultados, com médias iniciais (aos 30 dias) em torno de 80% de sobrevivência, com

crescimento plagiotrópico. Ao avaliarem a enxertia de borbulhia de placa com brotos de ápices podados de plantas adultas (de 25 e 35 anos de idade), os respectivos autores demonstraram taxas elevadas de sobrevivência aos 150 dias após a enxertia, com médias próximas a 90%.

Em estudo realizado por Rickli-Horst (2017) foram avaliadas a enxertia por borbulhia de placa e flauta em duas épocas do ano (outubro e abril) em porta-enxertos mantidos em viveiro e diretamente no campo. A conclusão do autor foi que a borbulhia de placa realizada em outubro apresentou taxas de sobrevivência superiores (acima de 80%), independentemente do local de estabelecimento dos porta-enxertos.

Como pode ser observada nas informações anteriores, uma série de métodos foram estudados para a enxertia de araucária. No entanto, a garfagem e borbulhia (de placa e de flauta) têm sido os mais promissores em termos de resultados de pegamento e crescimento das plantas enxertadas. Dentre estes dois métodos, a garfagem somente é recomendada para o resgate vegetativo das matrizes selecionadas com brotos lignificados ao ponto de não se conseguir um bom pegamento por borbulhia.

6 Etapas e ações envolvidas na enxertia de araucária

Visando facilitar o entendimento e execução prática das etapas operacionais envolvidas na técnica de enxertia da araucária, adiante será descrito uma sequência operacional do processo.

6.1 Seleção e resgate da planta matriz

Para se proceder à seleção correta das plantas matrizes, em primeiro lugar deve-se definir qual o objetivo de produção, ou seja, pinhão ou madeira. A seleção para produção de madeira é abordada no item 2.8.1. Seleção da planta matriz, do Capítulo 3 - Produção de mudas de araucária por estaquia e miniestaquia, deste livro.

A seleção de plantas que servirão de base para a formação das mudas, visando à produção de pinhões é de suma importância para a qualidade dos futuros

pomares. Deve-se atentar para o fato de que a seleção de árvores superiores em termos de produtividade, qualidade e época de produção dos pinhões é somente o primeiro passo para a sua indicação para plantios comerciais. As matrizes selecionadas deverão ser submetidas a avaliações em áreas similares, em termos de clima e solo aos locais de plantio futuro, para avaliação do efeito do ambiente no seu comportamento geral.

Na seleção de plantas matrizes deve ser considerada uma série de aspectos de interesse, os quais podem variar de acordo com especificidades dos pomares a serem formados. De modo geral, os critérios a serem levados em conta na seleção de árvores superiores para a produção de pinhão são: produtividade, tamanho e tipo de pinhão, resistência a pragas e doenças, época de frutificação, etc. Uma vez selecionada uma planta de má qualidade, as mudas deste clone terão sempre a mesma qualidade em condições similares de clima, solo e manejo, perdendo-se todas as possíveis vantagens do processo de enxertia.

É importante ressaltar que, na formação de um pomar de araucária, plantas masculinas enxertadas também deverão ser plantadas e os critérios de seleção destas se baseiam, até o momento, no bom vigor de crescimento e resistência a pragas e doenças.

Após a seleção, as matrizes precisam ser resgatadas, ponto crucial para o início de uma produção em escala de mudas por enxertia. Como os ramos laterais e grimpas da araucária apresentam o crescimento desviado da vertical (plagiotrópico), torna-se imprescindível o uso de métodos que induzam brotações novas de crescimento vertical (ortotrópico) no tronco. Em algumas árvores, brotações epicórmicas ortotrópicas podem ser naturalmente encontradas ao longo do tronco (ZANETTE et al., 2011), embora algumas brotações inicialmente com aquele hábito podem, posteriormente, apresentar hábito plagiotrópico ou indefinido, além de não resultarem em enxertos com frutificação precoce e porte reduzido, quando provenientes da base da árvore ou de locais próximos. Assim sendo, o método mais recomendado para a obtenção de brotações ortotrópicas, desenvolvido por Wendling et al. (2009a), é o da poda dos ponteiros (de dois a quatro verticilos abaixo do ápice), o que induzirá a emissão de brotações com hábito ortotrópico da parte adulta da planta (Figura 3). A época mais recomendada é a do inverno ou primavera e as brotações estarão aptas para serem coletadas de 8 meses a 2 anos após a poda, dependendo do vigor e da idade da planta matriz.

Foto: Ivar Wendling



Foto: Décio Adams



Figura 3. Poda de ponteiro de araucária (A) e coleta de brotações ortotrópicas induzidas (B).

Outro método que pode ser utilizado para a produção de brotos ortotrópicos de araucária é o corte raso da árvore a aproximadamente 15 cm do solo (WENDLING et al., 2009a), no final do inverno, para que a rebrota ocorra na primavera (ver Figura 4, do item 2.8.2. Resgate da planta matriz, Capítulo 3). Como a araucária é uma espécie nativa e ameaçada de extinção, a mesma está sujeita a uma série de regulamentações legais, as quais devem ser observadas para o corte raso. O anelamento (remoção de um anel de casca de 2 cm de largura em 90% da circunferência) de árvores matrizes para a indução de brotações pode ser utilizado, embora o percentual de árvores que induzem brotações da base é muito pequeno e a produção de brotos, caso ocorra, seja bem menor, em comparação ao corte raso (ver Figura 5, do item 2.8.2. Resgate da planta matriz, Capítulo 3). Ambos os métodos (corte raso e anelamento) têm a desvantagem de induzirem a emissão de brotações juvenis, ou seja, aquelas que, quando enxertadas, não formarão plantas de frutificação precoce e de porte reduzido, embora apresentem todas as outras vantagens da enxertia, como manutenção do sexo das plantas, época de frutificação e tipo de pinhão, por exemplo.

6.2 Formação dos porta-enxertos

A enxertia pode ser feita no viveiro ou diretamente no campo. A primeira é recomendada para viveiristas ou produtores que querem vender mudas enxertadas ou facilitar o processo de produção, pois todas as atividades de formação dos porta-enxertos, enxertia e manejo das plantas enxertadas são feitas de forma mais concentrada, resultando em maior rendimento. A enxertia diretamente no campo tem a vantagem de favorecer o crescimento mais rápido das plantas enxertadas, uma vez que o sistema radicular formado é mais vigoroso, visto não apresentar a limitação da embalagem para o crescimento das raízes.

Embora possam ser utilizados porta-enxertos de diâmetros menores, recomenda-se que os mesmos tenham de 1 cm a 1,5 cm, o que facilitará o procedimento de enxertia, bem como resultará em maior vigor de crescimento das brotações dos enxertos. Em ambos os locais de enxertia, os porta-enxertos são produzidos via sementes, procurando-se coletá-las de árvores matrizes com elevado vigor de crescimento e sem sintomas de ataque de pragas e ocorrência de doenças. Recomenda-se utilizar sementes de origem regional, pois têm maior adaptabilidade às condições de clima e solo e auxiliam na manutenção da diversidade genética existente (FERREIRA et al., 2012). No caso da produção em viveiro, as embalagens devem ser suficientemente grandes para possibilitar a formação das mudas com o diâmetro adequado, sendo recomendados sacos plásticos ou tubetes de, no mínimo, 25 cm de altura por 15 cm de diâmetro ou embalagens especiais. Diversos substratos podem ser utilizados para a produção dos porta-enxertos no viveiro. Conforme descrito por Wendling e Delgado (2008), algumas proporções possíveis de misturas a serem usadas são:

Exemplo 1: - Casca de pinus semidecomposta: 70%

- Terra de subsolo: 30%

Exemplo 2: - Composto orgânico ou húmus: 70%

- Moimha de carvão de 1 mm a 3 mm ou casca de arroz carbonizada: 20%

- Terra de subsolo: 10%.

Os componentes e proporções sugeridos apenas ilustram algumas possibilidades, devendo ser adaptados de acordo com as características de cada produtor. Também são recomendados substratos comerciais disponíveis no mercado, prontos para o uso imediato, sem a necessidade de adição de outro componente.

Caso os substratos sejam preparados no próprio viveiro ou utilizados substratos comerciais sem adubação de base, no momento da sua preparação, deve-se proceder à adubação. Para tanto, podem ser usados 6 kg de NPK 4-14-8, 1,5 kg de superfosfato simples e 700 g de FTE BR 9 (ou BR 12), por m³ de substrato. Adubações de cobertura, ou seja, após a germinação das sementes, também são recomendadas para acelerar o processo de produção dos porta-enxertos (Tabela 1). Da mesma forma para os tipos de substratos, os componentes e proporções sugeridos para adubação apenas ilustram algumas possibilidades, devendo ser adaptados de acordo com as características de cada produtor.

Tabela 1. Sugestão de adubação para produção de porta-enxertos de araucária, em função da fase de crescimento.

Adubo	Dose (g L ⁻¹)
.....Fase de crescimento e alongamento dos caules ⁽¹⁾	
Sulfato de amônio	16,0
Super fosfato simples	6,0
Cloreto de potássio ou Nitrato de potássio	6,0
FTE BR 10 (ou BR 12)	0,5
.....Fase de engrossamento dos caules ⁽²⁾	
Sulfato de amônio	4,0
Super fosfato simples	10,0
Cloreto de potássio ou Nitrato de potássio	4,0
FTE BR 12	1,0

⁽¹⁾ A adubação pode ser iniciada em torno de 15 a 20 dias após a germinação das sementes.

⁽²⁾ A ser iniciada em torno de 6 meses após a germinação das sementes. Aplicar 200 mL por muda da solução uma vez por semana e, após 5 a 10 minutos, irrigar as mudas com água pura visando lavar o excesso de adubos que possam permanecer sobre as acículas.

Fonte: Wendling e Delgado (2008).

Uma alternativa eficiente de adubação se refere à utilização de fertilizantes de liberação controlada no substrato, eliminando-se a necessidade de adubações de cobertura.

6.3 Coleta e transporte das brotações

Se a enxertia objetiva a formação de plantas aptas à produção precoce de sementes, deve-se retirar os brotos (enxertos) da parte mais alta da copa da planta matriz (conforme apresentado no item 6.1. Seleção e resgate da planta matriz). Caso o objetivo for o de resgate para a posterior produção de mudas para fins madeireiros, deve-se preferir brotações mais próximas da base da planta (mais juvenis), utilizando-se procedimentos e cuidados similares aos apresentados para a técnica de estaquia, item 2.8. Sequência esquemática da técnica de estaquia, subitem Resgate da planta matriz, do Capítulo 3.

As brotações devem ser coletadas pela parte da manhã ou em dias nublados, sendo acondicionadas em local protegido para seu transporte até o local da enxertia. O tipo de recipiente mais recomendado ao transporte é a caixa de isopor com gelo no fundo, recoberto com jornal umedecido (Figura 4), situação em que se consegue armazenar as brotações por até dois dias sem efeitos negativos sobre a enxertia. Importante observar que não deverá haver contato das brotações diretamente com o gelo, evitando a sua queima. O envolvimento das brotações em panos úmidos, dentro de sacos plásticos, também pode ser adotado, o qual proporciona bons resultados à sua conservação.



Figura 4. Uso de caixas de isopor para transporte de brotações de araucária para enxertia.

Testes recentes de conservação dos propágulos feitos na UFPR mostraram a possibilidade de armazenamento em geladeira, dentro de sacos plásticos, por duas semanas com alto índice de pegamento.

6.4 Locais e estruturas para realização da enxertia

No caso da enxertia no viveiro, recomenda-se que os enxertos sejam colocados em casa de sombra ou outro ambiente sombreado para seu pegamento, com sombreamento em torno de 40% a 60%, obtido com o uso de sombrite ou outro material adequado (Figura 5). É recomendada a colocação de cobertura plástica sobre a casa de sombra para evitar os efeitos adversos das baixas temperaturas e excesso de chuvas nos enxertos em formação.



Figura 5. Enxertos em ambiente sombreado após enxertia.

Após o pegamento dos enxertos, o sombreamento deverá ser gradativamente removido e a irrigação diminuída, visando a aclimação das plantas enxertadas a pleno sol e sua preparação para o plantio definitivo.

7 Métodos de enxertia para araucária

Foram desenvolvidos vários métodos para enxertia da araucária, sendo os mais promissores a borbulhia de placa, borbulhia em flauta e garfagem em fenda cheia. O método que tem sido mais empregado é o da borbulhia de placa, por apresentar melhor rendimento (economia de material do enxerto) e facilidade

operacional, principalmente porque contorna problemas de incompatibilidade referentes ao diâmetro entre enxerto e porta-enxerto.

7.1 Enxertia por borbulhia de placa

Enxertos realizados por borbulhia de placa geralmente apresentam bons índices de pegamento, independente da época da enxertia. No entanto, se realizada em períodos de dias curtos e frio intenso, haverá demora na brotação dos enxertos até que haja condições favoráveis para a quebra da dormência dos polos meristemáticos presentes nas axilas das acículas e estes, por diferenciação celular, venham gerar a brotação do enxerto (IRITANI et al., 1992).

Depois de selecionada a planta matriz, coletado o material (propágulo) e armazenado adequadamente, o próximo passo antes da enxertia será o preparo do enxerto e do porta-enxerto. O segmento de caule de onde será retirada a borbulha deve ser limpo removendo-se as acículas. No local que será realizada a enxertia no porta-enxerto também deve-se remover as acículas. Posteriormente, com canivete afiado, deve ser destacada uma placa ou escudo com tamanho entre 2 cm e 3 cm de comprimento e aproximadamente 1 cm de largura, para ser inserida em janela aberta a placa ou escudo de mesmas dimensões, obtida do segmento de caule (enxerto), previamente limpo.

Plantas da família Araucariaceae, da qual pertence a araucária, possuem polo meristemático na axila de cada acícula, ou seja, células capazes de se diferenciarem quando livres da dominância apical, dando origem à brotação do enxerto (BURROWS, 2002; IRITANI et al., 1992). Assim, é importante que a placa ou escudo contenha entre 3 e 6 acículas com a região axilar (base superior da acícula), pois é essa região, internamente, que contém o polo meristemático que dará origem à brotação do enxerto.

Após o encaixe do enxerto e porta-enxerto, a região de enxertia é envolvida primeiro por arame para uma boa fixação e depois por fitilho plástico de 2 cm de largura para criar uma câmara úmida e evitar a desidratação do enxerto. Outra alternativa é realizar a fixação e proteção do enxerto somente com uso do fitilho.

Depois de finalizada a enxertia, o porta-enxerto permanece por, no mínimo, três semanas com as amarras. Neste período ocorrerá a formação de calo (massa de células meristemáticas) na região de contato do enxerto e porta-enxerto. Em seguida, as células do calo se diferenciam recompondo o câmbio que, por sua

vez, restabelecerá o xilema e floema revascularizando o enxerto. Depois de três semanas o fitilho é removido, permanecendo só com o arame, caso tenha sido optado por sua utilização. Duas semanas depois, se o enxerto ainda permanecer verde é um bom indicativo de sobrevivência, quando então é feito o corte do porta-enxerto logo acima do enxerto. Ao primeiro sinal de amarelecimento e inchaço na axila das acículas o arame já pode ser removido. Caso a enxertia tenha sido realizada entre a primavera e verão, depois de aproximadamente um mês e meio, já é possível ver sinais de brotamento no enxerto e também no porta-enxerto. A brotação do porta-enxerto deve ser removida imediatamente para não inibir o crescimento da brotação do enxerto.

7.2 Enxertia por borbulhia de flauta ou canutilho

Para enxertia por borbulhia de flauta, geralmente os melhores resultados de pegamento dos enxertos têm sido obtidos no outono. No entanto, a técnica também pode ser realizada no inverno e primavera onde ocorrem menos riscos de desidratação dos enxertos. A coleta das brotações para a enxertia deve ser realizada da mesma forma que aquela recomendada para a borbulhia de placa (ver item 7.1 deste capítulo).

Como na borbulhia de placa, deve-se remover as acículas das brotações. O enxerto tem a forma de canutilho, com aproximadamente 2 cm de comprimento e 3 cm a 3,5 cm de largura (de acordo com o diâmetro do porta-enxerto), contendo de 6 a 8 acículas intactas. Deve ser retirado com auxílio de um canivete afiado por meio de dois cortes transversais paralelos a uma distância de 2 cm. Em seguida, os dois cortes transversais são ligados em cada lado por um único corte vertical.

Para a realização da enxertia, as acículas do porta-enxerto também devem ser retiradas (somente no local da enxertia) para facilitar o processo. No porta-enxerto remove-se a casca completamente com tamanho e formato similar à borbulhia de flauta, visando o encaixe perfeito em janela aberta. Após o encaixe, o enxerto é fixado ao porta-enxerto com fitilho plástico de 2 cm de largura e tamanho necessário à obtenção de uma boa fixação.

Para araucária, a técnica de borbulhia de flauta tem como principal vantagem a maior quantidade de polos meristemáticos com potencial de brotação, quando comparada com a borbulhia de placa. Porém, há necessidade de compatibilidade

mínima do diâmetro entre o enxerto e porta-enxerto para que ocorra o encaixe perfeito. Além dessa desvantagem, a quantidade de material vegetal necessária é maior quando comparada com a borbulhia de placa, visto que é necessária uma maior área. Outro fator de influência é o cuidado na hora de realização dos cortes horizontais do porta-enxerto, para que não ocorra um corte mais profundo e, conseqüentemente, perda de comunicação xilemática.

7.2.1 Sequência esquemática da enxertia por borbulhia

Visando facilitar a compreensão das etapas envolvidas na produção de mudas de araucária via enxertia por borbulhia de placa e flauta, as Figuras 6 e 7 apresentam uma sequência esquemática resumida do processo.



Figura 6. Fluxograma da técnica de enxertia por borbulhia em janela aberta, placa ou escudo em araucária.

Fonte: WENDLING (2015).

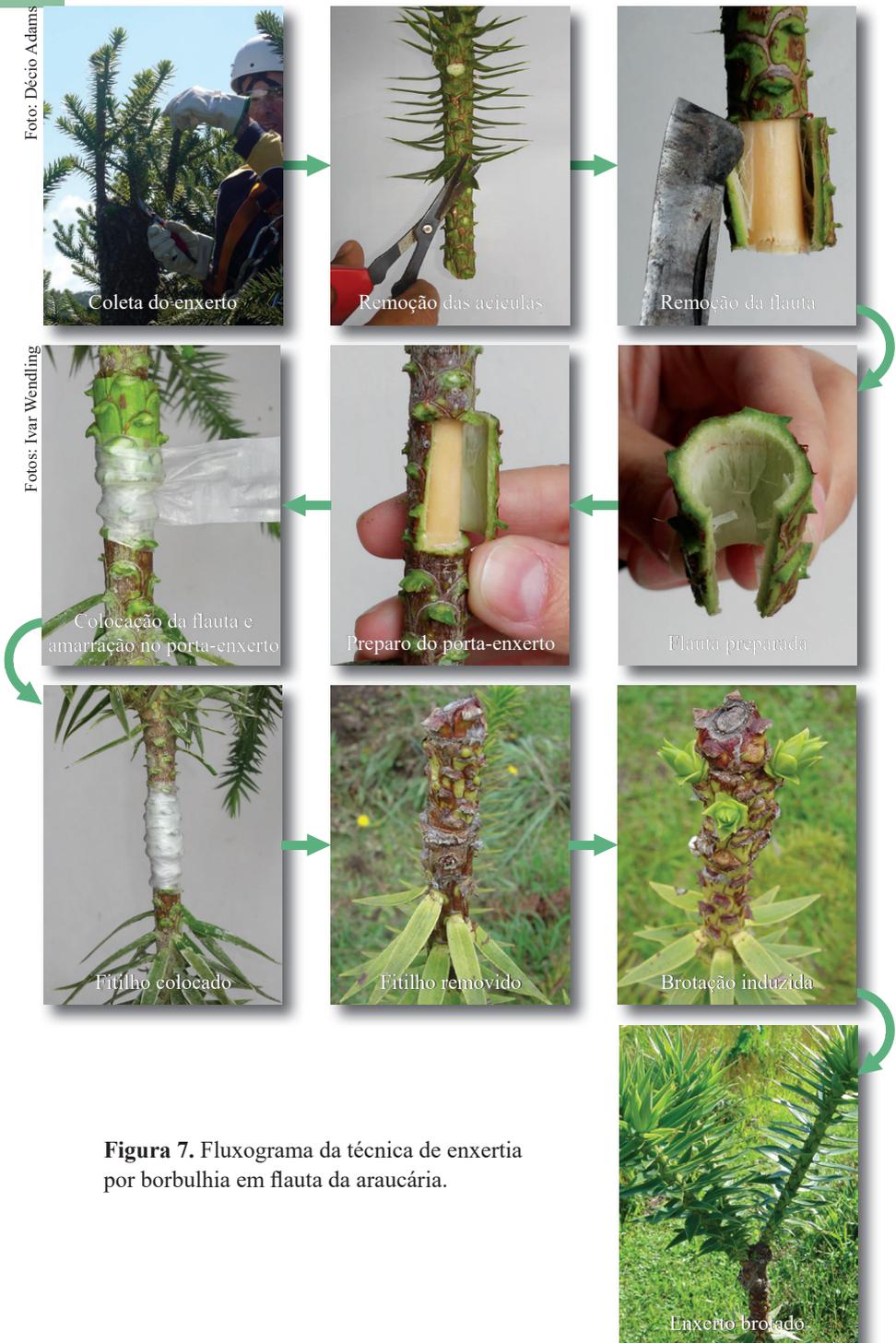


Figura 7. Fluxograma da técnica de enxertia por borbúlia em flauta da araucária.

7.3 Enxertia por garfagem

Dentre as várias possibilidades de enxertia por garfagem, destaca-se a garfagem em fenda cheia no topo do porta-enxerto e garfagem em inglês complicado. Neste processo, a época mais adequada é aquela que se aproxima da saída do inverno.

A enxertia por garfagem em fenda cheia no topo do porta-enxerto consiste em cortar o porta-enxerto (altura variável conforme o vigor e lignificação), e neste fazer uma fenda central de 3 cm a 5 cm no sentido longitudinal para encaixe do enxerto, o qual deve ser preparado em forma de cunha. O segmento de enxerto deve ter, no mínimo, cinco acículas (tamanho ao redor de 6 cm). Após a preparação das duas partes, deve-se inserir o enxerto dentro da cunha do porta-enxerto, tomando-se o cuidado de haver coincidência das cascas (câmbio) de pelo menos um dos lados.

A enxertia por garfagem em inglês complicado apresenta uma pequena diferença em relação ao tipo de corte. Tanto no porta-enxerto como no segmento a ser enxertado os cortes são em bisel, nesse caso é importante cuidar para que os cortes sejam complementares. No centro de ambos os cortes se faz outro corte dessa vez longitudinal e com profundidade de aproximadamente 1 cm, de modo a favorecer a união entre as partes e, conseqüentemente, o pegamento.

Independentemente do tipo de garfagem utilizada, o local do enxerto deve ser firmemente amarrado para promover a união e formação de calo que, por meio da diferenciação celular, formará um novo segmento cambial e reconstituição dos vasos condutores que darão suporte para o crescimento da planta. Para a amarração podem ser usados diversos materiais, sendo o mais recomendado o fitilho de plástico de 1,2 cm de largura, que permite certa expansão com o aumento do diâmetro do enxerto, evitando a ocorrência de “estrangulamento”.

Outra opção é uso de fitilhos biodegradáveis, uma vez que não necessitam ser removidos do enxerto, embora alguns modelos acabem se degradando antes do tempo recomendado para a soldadura.

Após a enxertia deve-se cobrir o enxerto com um saco plástico para minimizar a perda excessiva de umidade do enxerto. Caso a enxertia seja realizada diretamente em porta-enxertos estabelecidos no campo, além do saco plástico, deve ser colocado também um saco de papel pardo, visando propiciar melhor pegamento em vista do sombreamento proporcionado, evitando danos causados pelo sol.

A enxertia por garfagem apresenta como principal desvantagem a necessidade de maior quantidade de material propagável. No caso da araucária, onde há escassez de material com capacidade de regenerar uma planta inteira, essa desvantagem ainda é mais evidente. Além dessa desvantagem, a aplicação desta técnica de enxertia requer maior habilidade do enxertador.

7.3.1 Sequência esquemática da enxertia por garfagem em araucária

Visando facilitar a compreensão das etapas envolvidas na produção de mudas de araucária por enxertia do tipo garfagem em fenda cheia no topo do cavalo diretamente no campo, a Figura 8 apresenta uma sequência esquemática resumida do processo.



Figura 8. Fluxograma geral da técnica de enxertia por garfagem em fenda cheia no topo do cavalo para araucária.

7.4 Enxertia de copa

A enxertia de copa, também conhecida por *topgrafting* é a operação que tem por finalidade o aproveitamento de plantas já estabelecidas no campo, para alteração da variedade da copa (Figura 9), indicada principalmente para fins de melhoramento genético. O seu emprego é indicado para plantas de idade não muito avançada (até 20 anos) e sadias. Com a enxertia de copa se ganha tempo, pois o porta-enxerto se encontra perfeitamente implantado e as produções se tornam mais precoces. Embora ainda não se tenham resultados de florescimento de enxertos de copa, a expectativa é de que se consiga o florescimento até 3 anos após a enxertia em plantas femininas e de 1 a 2 anos após a enxertia para plantas masculinas.



Fotos: Ivar Wendling

Figura 9. Enxertia de copa em araucária: uso de porta-enxerto com idade de 10 anos (à esquerda) e 30 anos (à direita).

A enxertia de copa é uma técnica também muito importante no resgate de plantas matrizes selecionadas para futura multiplicação em escala comercial, visto que o crescimento dos enxertos resultantes é muito rápido. Neste caso, ela é realizada em árvores mais novas (até 10 anos) e sobre o tronco e ramos plagiotrópicos primários (Figura 10).



Figura 10. Enxertos de copa (7 meses) em araucária, em porta-enxerto de 4 anos visando o resgate de material selecionado. Onde: E = enxerto.

De acordo com Constantino e Zanette (2015), propágulos ortotrópicos de araucária enxertados em ramos plagiotrópicos desenvolvem brotações com crescimento ortotrópico e morfologia de tronco. Essa técnica pode ser uma alternativa para multiplicação de material genético selecionado. Uma única planta com quatro ramos enxertados equivale a quatro outras plantas em um hipotético jardim clonal convencional para produção de material para a enxertia em araucária, além de ocupar uma área menor. Os autores obtiveram enxertos mais vigorosos e com maior potencial de crescimento enxertando nos verticilos superiores. Aparentemente os enxertos nos ramos inferiores foram mais afetados pela dominância apical (Figura 11).

Fotos: Flávio Zanette



Figura 11. Características de crescimento de enxertos com borbulhas de tronco sobre ramos de araucária. A) brotações com crescimento vertical (ortotrópico), paralelas ao tronco da planta porta-enxerto; B) brotações levemente inclinadas, porém com ramificação bem definida em verticilos, sinalizando comportamento ortotrópico; C) enxertos nos verticilos mais inferiores da copa, aparentemente sob efeito da dominância apical; D) enxertia na face inferior do ramo apresentando crescimento inicial curvado, tendendo para vertical (geotropismo negativo); E) crescimento do enxerto aos 6,5 meses de idade; F) compatibilidade em espessura do ramo enxertado e do enxerto aos 6,5 meses após a enxertia.

8 Cuidados pós-enxertia

Após a enxertia, as plantas enxertadas no viveiro poderão ser mantidas em área com sombreamento em torno de 40% a 50%, obtido com o uso de sombrite ou outro material adequado. Quando verificada a completa soldadura das partes (enxerto e porta-enxerto) e houver o crescimento inicial do enxerto, as mudas poderão ser transferidas para condições de pleno sol, a fim de se propiciar o crescimento final e rustificação, previamente ao plantio definitivo.

Tanto na enxertia de viveiro quanto diretamente no campo, o filhinho deverá ser retirado (quando não se usa o biodegradável) entre 35 e 45 dias na enxertia por borbulhia, momento em que se realiza a poda do porta-enxerto, logo acima da região da enxertia. Para a garfagem, o filhinho deverá ser removido de 60 a 90 dias após a enxertia ou no momento em que se perceber o “estrangulamento” na região de união do enxerto com o porta-enxerto. Na sequência, no mínimo semanalmente, deverão ser retiradas as brotações do porta-enxerto, evitando a competição com o enxerto.

9 Estratégias para o plantio no campo de mudas enxertadas

Uma série de estratégias ou esquemas de plantio podem ser utilizados para mudas enxertadas de araucária visando a formação de pomares para a produção de pinhões. Torna-se importante ressaltar que, na formação de um pomar de araucária, plantas masculinas (polinizadoras) também deverão ser incluídas juntamente com as femininas (produtoras de pinhão) visando garantir a polinização.

Embora ainda não existam estudos para a definição da quantidade de plantas de cada sexo em um pomar da espécie, Oliveira (2010) recomenda fazer o plantio de 70% de plantas femininas e 30% de plantas masculinas, para o aumento de produção de pinhão no pomar. Outros arranjos ou esquemas de plantio podem ser recomendados, considerando a implantação de linhas com plantas femininas e linhas intercaladas com plantas masculinas e femininas, resultando em diferentes percentuais de plantas de cada sexo. O número de plantas por hectare varia de acordo com o espaçamento e o tipo de arranjo de plantio adotados.

Espaçamentos de 7,5 m x 8 m (Figura 12), 8 m x 8 m (Figura 13) e 10 m x 10 m (Figura 14) poderão ser utilizados, sendo nestes casos o número de plantas por hectare de 166, 156 e 100, respectivamente.

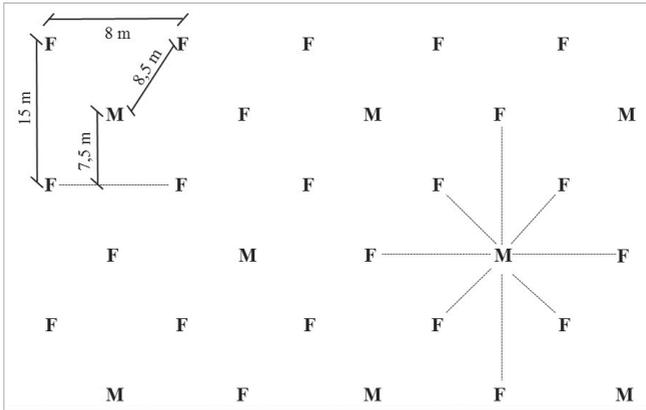


Figura 12. Exemplo de esquema de plantio de mudas enxertadas de araucária para a formação de um pomar para a produção de pinhão, resultando em 166 plantas por ha, sendo 122 plantas femininas (73%) e 44 plantas masculinas (27%). Onde: F = planta feminina e M = planta masculina.

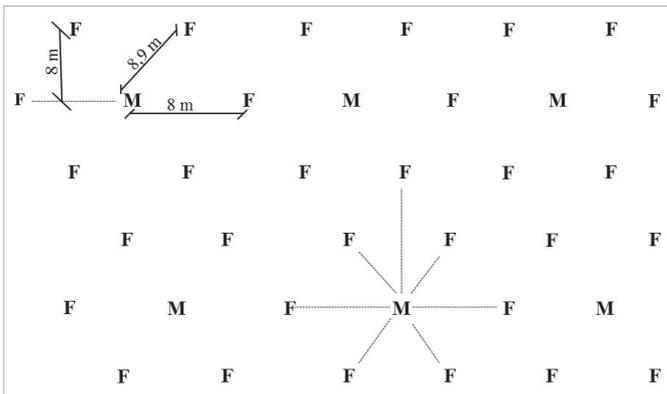


Figura 13. Exemplo de esquema de plantio de mudas enxertadas de araucária para a formação de um pomar para a produção de pinhão, resultando em 156 plantas por ha, sendo 129 plantas femininas (83%) e 27 plantas masculinas (17%). Onde: F = planta feminina e M = planta masculina.

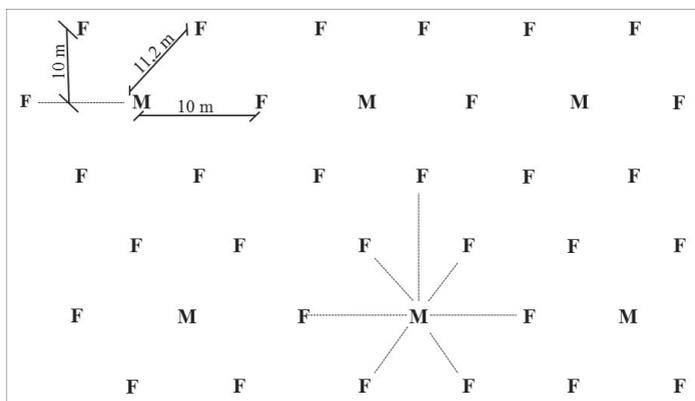


Figura 14. Exemplo de esquema de plantio de mudas enxertadas de araucária para a formação de um pomar para a produção de pinhão, resultando em 100 plantas por ha, sendo 83 plantas femininas (83%) e 17 plantas masculinas (17%). Onde: F = planta feminina e M = planta masculina.

Ressalta-se que espaçamentos menores poderão ser adotados, sendo necessária a realização de desbastes no momento em que as copas passarem a se tocar, evitando a competição por luz, água e nutrientes e, conseqüentemente, a redução da produção de pinhões. Outros tipos de arranjo de plantio também podem ser utilizados.

10 Avaliação em campo de mudas produzidas por enxertia

Para qualquer tecnologia de propagação, um dos passos mais importantes é a avaliação do crescimento e desenvolvimento das mudas no campo. No caso da araucária, a avaliação da produção de pinhões ou madeira (dependendo do objetivo do plantio) é de fundamental importância para a validação da enxertia da espécie. É importante salientar que o fato de uma matriz selecionada apresentar características excepcionais de produtividade e qualidade de pinhões ou características superiores da madeira pode ser devido a questões ambientais, ou seja, a qualidade do solo e clima do local de seleção, como, por exemplo, a ocorrência de manchas de alta fertilidade de solo causadas por adubações anteriores ou mesmo por depósito de resíduos orgânicos ou esterços.

Com a finalidade de produção de pinhões, o primeiro pomar enxertado de araucária na Embrapa Florestas foi estabelecido em 2007. Este pomar foi imprescindível para a definição e validação das metodologias de indução de brotações ortotrópicas de árvores adultas e indução precoce de florescimento de plantas masculinas aos 4 anos (WENDLING, 2011) e femininas aos 6,5 anos, em plantas de porte reduzido (WENDLING, 2015) (Figura 15).



Fotos: Ivar Wendling

Figura 15. Pomar de araucária estabelecido em Colombo, PR, com início de florescimento aos 4 anos (plantas masculinas) e 6,5 anos (planta feminina) após o plantio em enxertos de hábito tendendo ao ortotrópico. A e B = Planta feminina com pinhas no ponto de colheita e C = Planta masculina mostrando os estróbilos.

É importante destacar que plantas enxertadas com o uso de enxertos provenientes de brotações de base das árvores matrizes (decepa ou anelamento) se desenvolvem de maneira normal, em termos de porte e precocidade de florescimento, em relação àquelas produzidas por sementes, indicando seu uso, inclusive, para a produção de madeira (Figura 16), conforme descrito em Wendling et al. (2017).

Foto: Ivar Wendling



Figura 16. Plantas enxertadas de araucária com brotações de base aos 9 anos de idade, sem florescimento.

11 Considerações finais

Apesar do início das pesquisas com enxertia em araucária ter aproximadamente 50 anos, resultados mais promissores só foram alcançados recentemente pela Embrapa Florestas e Universidade Federal do Paraná, por meio de uma série de experimentos em viveiro e no campo. Os métodos de enxertia desenvolvidos são tecnicamente viáveis e de simples operacionalização, com índices de sobrevivência dos enxertos entre 80% e 95%. A borbulhia de placa, em escudo ou placagem, é a técnica recomendada pelas vantagens operacionais. As técnicas de resgate e multiplicação de material vegetativo de matrizes superiores de araucária e os bons índices de sobrevivência indicam o potencial da enxertia para a produção de mudas em larga escala da espécie. É importante lembrar ainda que a aplicação desta técnica não requer estruturas especiais nem equipamentos e materiais de alto custo.

Os resultados alcançados são muito importantes e, de certa forma, podem caracterizar uma estratégia para estimular novos plantios para uso sustentável mediante a formação de pomares para a produção de sementes e/ou plantios clonais para a produção de madeira. Direta ou indiretamente pode ser um

caminho para a conservação da araucária e, conseqüentemente, para a sua exclusão da lista de espécies ameaçadas de extinção.

Referências

AGUIAR, R. S.; NEVES, C. S. V. J.; ROBERTO, S. R.; SANTOS, C. E.; GENTA, W. Arquitetura do sistema radicular do porta-enxerto de videira 'IAC 766' na época de transplante do viveiro para o campo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 402-405, 2006. DOI: 10.1590/S0100-29452006000300014.

BURROWS, G. E. *Agathis*, *Araucaria* and *Wollemia* all possess unusual meristems in their leaf axils. Araucariaceae: In: WILCOX, M. D.; BELESKI, R. L. (Ed.). **Araucariaceae**: proceedings of the 2002 Araucariaceae Symposium (*Araucaria*, *Agathis*, *Wollemia*), 2002, Auckland. Auckland: International Dendrology Society, 2002. p. 87-94.

CONSTANTINO, V.; ZANETTE, F. Produção de borbulhas ortotrópicas para enxertia de *Araucaria angustifolia*. **Acta Biológica Paranaense**, v. 44, n. 3-4, p. 49-55, 2015. DOI: 10.5380/abpr.v44i1-4.47598.

DIETERS M. J.; HAINES, R. J. The influence of rootstock family and scion genotype on graft incompatibility in *Araucaria cunninghamii* Ait. ex D. Don. **Silvae Genética**, v. 40, n. 3/4, p. 141-146, 1991.

FERREIRA, D. A.; BARROSO, D. G.; SILVA, M. P. S.; SOUZA, J. S.; FREITAS, T. A. S.; CARNEIRO, J. G. A. Influência da posição das miniestacas na qualidade de mudas de cedro australiano e no seu desempenho inicial no pós-plantio. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 715-723, 2012. DOI: 10.5902/198050987553.

GARNER, R. J. **The grafter's handbook**. London: Cassel, 1995. 323 p.

GURGEL, J. T. A.; GURGEL-FILHO, C. A. Métodos de enxertia para o pinheiro brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Ktze., visando à formação de pomares de sementes. **Sivilcultura**, v. 6, p. 153-155, 1967.

HAINES, R. J.; DIETERS M. J. The progression and distribution of graft incompatibility in *Araucaria cunninghamii*. **Silvae genetica**, v. 39, n. 2, p. 62-66, 1990.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation**: principles and practices. 7th. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002. 896 p.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation**: principles and practices. 8th. ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915 p.

IRITANI, C.; ZANETTE F.; CISLINSKI, J. Aspectos anatômicos da cultura in vitro da *Araucaria angustifolia*. I. Organização e desenvolvimento dos meristemas axilares ortotrópicos de segmentos caulinares. **Acta Biológica Paranaense**, v. 21, n. 1, 2, 3, 4, p. 57-76, 1992. DOI: 10.5380/abpr.v21i0.741.

KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Propagação vegetativa por enxertia em *Araucaria angustifolia*. **IPEF**, n. 11, p. 95-102, 1975.

NIKLES, D. G. *Araucaria cunninghamii* “bark-patch” grafting in the field. **Australian Forest Research**, n. 1, v. 1, p.45-47, 1964.

OLIVEIRA, L. S. **Enxertia, microenxertia e descrição do tropismo em *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE.** 2010. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais.** Viçosa. MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 46 p. (Série cadernos didáticos, 83).

RICKLI-HORST, H. C. **Desenvolvimento de tecnologias de resgate vegetativo, enxertia, crescimento e indução de florescimento precoce em *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze.** 2017. 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba

WENDLING, I.; DELGADO, M. E. **Produção de mudas de araucária em tubetes.** Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 2010).

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; HOFFMAN, H.; BETTIO, G.; HANSEL, F. A. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. **Agronomia Costarricense**, v. 2, p. 309-319, 2009a.

WENDLING, I. **Enxertia e florescimento precoce em *Araucaria angustifolia*.** Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 7 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 272).

WENDLING, I.; LAVORANTI, O. J.; RESENDE, M. D. V.; HOFFMANN, H. A. Seleção de matrizes e tipo de propágulo na enxertia de substituição de copa em *Ilex paraguariensis*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 811-819, 2009b. DOI: 10.1590/S0100-67622009000500004.

WENDLING, I.; STUEPP, C. A.; SANTIN, D.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. Clonal forestry of *Araucaria angustifolia*: plants produced by grafting and cuttings can be used for wood production. **Revista Árvore**, v. 41, n. 1, 2017. No prelo.

WENDLING, I.; STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. *Araucaria angustifolia* grafting: techniques, environments and origin of propagation material. **Revista Bosque**, v. 37, n. 2, 2016. DOI: 10.4067/S0717-92002016000200007.

WENDLING, I. **Tecnologia de enxertia de *Araucaria angustifolia* para produção precoce de pinhões, com plantas de porte reduzido**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 351).

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2013. 279 p.

ZANETTE, F. **A araucária como fruteira para a produção de pinhões**. Jaboticabal: Funep, 2010. 25 p. (Série frutas nativas).

ZANETTE, F.; OLIVEIRA, L. S.; BIASI, L. A. Grafting of *Araucaria angustifolia* through the four seasons of the year. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1364-1370, 2011. DOI: 10.1590/S0100-29452011000400040.

Capítulo**Crêterios para o manejo de
plantios de araucária para a
produ o madeireira**

Rafaella de Angeli Curto

Evaldo Mu oz Braz

Patricia Pova de Mattos

Sylvio Pellico Netto

1 Introdução

Os plantios de *Araucaria angustifolia* atingiram seu auge com os incentivos fiscais na década de 1960, sendo a espécie mais plantada no Brasil, porém a maioria dos povoamentos implantados não apresentava o desenvolvimento esperado para a espécie (INOUE et al., 1979). Poucas áreas com plantio de *A. angustifolia* progrediram em virtude do mau planejamento e condução destes reflorestamentos (GUERRA et al., 2002), havendo drástica redução de implantação de novos reflorestamentos da espécie. Assim, plantios existentes hoje apresentam crescimento baixo e estagnado, por não terem sido submetidos a práticas de manejo adequadas.

Em um povoamento ou em condições naturais, as árvores podem responder de forma diferente às condições a que estão sendo submetidas (HUSCH et al., 1982). Por isso, a compreensão da dinâmica de crescimento de espécies arbóreas é de grande importância para o manejo florestal sustentável e para entender as interações entre a floresta e o ambiente (SPIECKER, 2002), apesar da heterogeneidade ambiental e diferentes históricos de manejo que podem resultar em situações distintas do desenvolvimento da floresta, criando maior complexidade para a geração de protocolos de manejo específicos.

Uma vez que nesses plantios nenhum acompanhamento do crescimento foi realizado, a dendrocronologia e análise de tronco se mostram muito úteis para recuperar as informações de variáveis dendrométricas, pela agilidade e precisão dos dados (AKACHUKU, 1984; HUSCH et al., 1982; SPIECKER, 2002). De acordo com Fritts (1976), a partir dos anéis de crescimento, pode-se fazer reconstruções de séries históricas, das condições ambientais, bem como predições de crescimento, para subsidiarem diversos estudos relacionados à conservação das florestas.

A visualização dos anéis de crescimento de *A. angustifolia* tem se confirmado possível (SEITZ; KANNINEN, 1989; MATTOS et al., 2007a, 2007b, 2010; OLIVEIRA et al., 2009, 2010), obtendo-se relações entre as variáveis de interesse e a idade da árvore, e informações essenciais para o manejo, como as taxas médias de incremento (CHATURVEDI; KHANNA, 1982), permitindo a realização de inferências sobre a produção futura da floresta (ENCINAS et al., 2005).

2 Competição entre árvores

A competição está diretamente relacionada com o espaço vital que cada árvore tem disponível para o seu desenvolvimento (ASSMANN, 1970; KRAMER; KOSLOWSKI, 1960), sendo o crescimento crescente até que o espaço seja completamente preenchido, e a partir desse ponto, devido à competição por recursos, as taxas de incremento diminuem (RADTKE et al., 2003). Dessa forma, compreender a dinâmica de competição relacionada ao crescimento das árvores é importante para a elaboração do manejo florestal (JOHNSON; SMITH, 2009).

A taxa de crescimento em diâmetro é determinada pelo espaço de crescimento de que a árvore dispõe. A competição talvez seja o fator biológico mais importante no manejo florestal, já que quase todas as intervenções estão relacionadas com a manipulação desse fator ou de condições que o afetam (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008), sendo que essa pode ser definida como a falta de espaço resultante de uma alta densidade intra-específica, influenciando diretamente o desenvolvimento do indivíduo (ASSMANN, 1970), o que reflete no espaço vital que cada árvore tem disponível para o seu desenvolvimento, sendo as características da copa um indicador da vitalidade das árvores (DURLO; DENARDI, 1998).

Quando um povoamento florestal encontra-se com alta densidade de indivíduos, tem-se como resultado a falta de espaço, influenciando diretamente o desenvolvimento dos indivíduos, o que caracteriza a competição (ASSMANN, 1970).

Assim, a densidade de um povoamento está estritamente ligada às condições de concorrência, ocupação da superfície e fechamento do dossel (PRODAN et al., 1997), sendo influenciada pelos fatores bióticos e abióticos do meio, uma vez que controlam a disponibilidade dos fatores produtivos como água, luz e nutrientes, e a qualidade do sítio, que influenciam a sobrevivência, o crescimento e vigor das plantas (SCOLFORO, 2007), sendo as dimensões das árvores resultado da combinação desses fatores.

Logo que se inicia a competição entre as árvores, devido ao fechamento do espaço aéreo pelas copas, inicia-se também a diferenciação de classes sociológicas, em que alguns indivíduos se sobressaem no dossel da floresta, enquanto outros são dominados por seus vizinhos (DURLO, 2001). Portanto, a

taxa de crescimento em diâmetro será determinada pelo espaço de crescimento de que a árvore dispõe, sendo o espaço de cada árvore limitado pelas árvores vizinhas, levando a competição ao nível das copas e das raízes (HILEY, 1959).

Assim, em povoamentos florestais de alta densidade, as árvores estão em constante competição pelo espaço aéreo e pelo espaço no solo e algumas superarão os indivíduos menos vigorosos, por meio de maior atividade fisiológica (KRAMER; KOSLOWSKI, 1960), sendo necessárias intervenções silviculturais para otimização do seu potencial de crescimento.

Dentre as intervenções, o desbaste tem a finalidade de interferir na competição entre as árvores, concentrando a produção, em termos de incremento, nas árvores que constituirão o corte final ou as que serão aproveitadas nos desbastes comerciais (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008). Assim, o impacto que o desbaste exerce no desenvolvimento da copa e na taxa de crescimento pode ter um efeito significativo sobre a formação de madeira (MALAN, 1995).

Para que a utilização do espaço pelas raízes e copas seja mais amplo, é necessário que as árvores estejam distribuídas uniformemente, tendo como resultado uma menor competição entre os indivíduos (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

3 Relação diâmetro x copa

As características qualitativas da copa são um indicador da vitalidade das árvores, portanto a proporção atual de copa de uma árvore dá indicativos do grau de competição por ela sofrido no passado. Muitos modelos de competição usam variáveis relacionadas ao tamanho ou percentual de copa, buscando refletir essa condição de crescimento passado.

Variáveis como superfície, diâmetro e comprimento da copa estão diretamente relacionadas com o crescimento e a produção de uma árvore, sendo essas variáveis capazes de serem modificadas pela concorrência (NUTTO, 2001).

Em povoamentos fechados, as árvores dominadas, com o tempo, vão sendo sombreadas e podem ser cobertas pelas copas de suas vizinhas, e o aumento progressivo dessa competição provoca a redução no tamanho de sua copa e na eficiência dos ramos, o que resulta em declínios na produção de madeira, assim como em mudanças na distribuição do crescimento ao longo do fuste e na largura dos anéis de crescimento (LARSON, 1963).

Deste modo, para definir a quantidade de árvores que deve permanecer ao final de uma rotação, pressupõe-se conhecer o espaço necessário para que cada árvore desenvolva-se até o período de corte.

A relação entre o diâmetro de copa e o diâmetro a 1,30 m do solo (DAP), denominada índice de saliência, expressa quantas vezes o diâmetro de copa é maior que o DAP. Quando se prevê o manejo de um povoamento pelo diâmetro atingido por seus componentes, o número máximo de árvores por unidade de área, à medida que as árvores forem crescendo, pode ser calculado pelo índice de saliência, se existir uma correlação significativa entre este e o DAP (DURLO; DENARDI, 1998).

Pesquisas com *A. angustifolia* mostram que existe uma estreita correlação entre o DAP e o diâmetro da copa (NUTTO, 2001; OLIVEIRA, 1980). Curto (2015) observou em um povoamento de *A. angustifolia* com 65 anos de implantação, que as árvores apresentavam correlação positiva entre diâmetro de copa e diâmetro da árvore (0,87), apresentando ajuste de modelo para descrever essa relação, semelhante a outros autores (Tabela 1).

Tabela 1. Equações para estimar o diâmetro de copa (dc) de araucária em função do diâmetro a 1,30 m do solo (DAP).

Autor	Equação	r	Número de repetições
Volkart (1969)	$dc = 1,426 + 16,36DAP$	0,958	152
Longhi (1980)	$dc = 0,12755 + 0,23261DAP$	0,924	± 315
Seitz (1986)	$dc = -0,706 + 0,242DAP$	0,974	20
Curto (2015)	$dc = 0,5848 + 0,2010DAP$	0,869	296

dap em m, para a equação de Volkart (1986) e em cm para as demais equações; dc = diâmetro de copa (m); r = correlação de Pearson.

As equações de Volkart (1969), Longhi (1980) e Seitz (1986) foram construídas para árvores de florestas naturais, cujas copas se encontravam em espaço aberto, e a equação desenvolvida por Curto (2015) é resultante de um plantio superestocado sem tratamentos silviculturais. Nota-se que o desenvolvimento do diâmetro de copa em relação ao DAP segue padrão linear para *A. angustifolia*, de forma que as alterações ao longo do tempo, seguindo o referido padrão, refletem as condições passadas do povoamento.

Assim, é correto assumir que as variáveis relacionadas com o diâmetro de copa refletem o efeito da competição ocorrida no passado. As dimensões apresentadas

pelas copas no atual momento foram moldadas pela competição à qual a árvore foi submetida no passado, ocasionando mudanças nas dimensões das árvores e, portanto, variações na captação de recursos para o crescimento (CLARK; CLARK, 2001).

4 Espaço disponível para copa

Segundo Assmann (1970), cada árvore individual em um povoamento tem uma determinada quantidade de espaço para o crescimento e, quanto maior o número de árvores por área, menor é o espaço médio do solo disponível. Assim, a área média disponível é inversamente proporcional ao número de árvores, uma vez que, com o aumento do diâmetro das árvores, o tamanho médio das copas aumenta e, conseqüentemente, o espaço requerido para o crescimento também aumenta.

Desta forma, a relação entre o diâmetro de copa e o DAP pode ser utilizada como indicador de desbaste, podendo-se determinar o espaço a ser liberado ao redor de uma árvore selecionada, para que ela cresça sem concorrência já que esse índice expressa quantas vezes o diâmetro de copa é maior que o DAP (DURLO; DENARDI, 1998).

Para determinar a densidade máxima de árvores, Curto (2015) utilizou a área média disponível para as árvores do povoamento de *A. angustifolia* com 65 anos após implantação, sendo calculada dividindo-se a área de 1 ha do povoamento pelo número de árvores, usando a projeção de copa, recomendado por Assmann (1970), conforme equação 1. Desta forma, foi possível obter o espaço requerido para o crescimento das árvores do povoamento de *A. angustifolia* e, conseqüentemente, determinar a densidade máxima de árvores por hectare, com base na projeção de copa.

$$PC = \pi \cdot dc^2 / 4 \rightarrow N = 10.000 / PC \quad (1)$$

Onde: dc = diâmetro de copa (m), obtido com a equação de Curto (2015), apresentada na Tabela 1; PC = área de projeção de copa (m²) do diâmetro médio do povoamento; N = número de árvores.ha⁻¹.

5 Capacidade de suporte de acordo com o diâmetro médio do povoamento

Em povoamentos não desbastados, as copas estão muitas vezes em contato direto umas com as outras, mas podem ainda ocorrer falhas no dossel. Se essa parte do espaço em um povoamento que não é preenchida por copas é considerada como sendo repartida entre as árvores vizinhas ao redor, pode-se estimar o espaço de crescimento disponível para cada árvore em particular. A projeção horizontal deste espaço é a área potencialmente ou nominalmente disponível, sendo definida pela projeção horizontal da copa, mais a parte adequada da área complementar entre as projeções no povoamento (ASSMANN, 1970).

Com a aplicação do método para a interpretação do espaço disponível para as árvores do povoamento, em função do DAP e do diâmetro de copa, Curto (2015), avaliando um povoamento com densidade inicial de 2.500 árvores, observou indicativo de que as árvores precisam de espaço individual maior a partir do DAP médio de 9 cm, para que o povoamento se desenvolva sem comprometimento de espaço disponível de desenvolvimento das copas, de modo a se observar uma população superior à recomendada, de acordo com o espaço vital requerido.

Considerando-se um plantio de árvores a partir de seu momento inicial, ao se efetuar o desbaste, o povoamento apresentará um aumento do diâmetro médio com o passar do tempo, sendo necessário recalcular a densidade ideal de árvores no povoamento, de acordo com a área de projeção de copa, resultando na necessidade de novas remoções que deverão ocorrer antes do corte final.

6 Crescimento em diâmetro

Curto (2015) observou incrementos diferenciados para três classes diamétricas de *A. angustifolia* proveniente de plantio com 65 anos (intervalos de 10 cm a 29,9 cm; 30 cm a 49,9 cm e de 50 cm a 70 cm). Por se tratar de um povoamento equiâneo, a separação em classes sociológicas enfatiza que as árvores apresentam potencial de crescimento diferenciado ou estão submetidas a condições de competição que não permitem a expressão do potencial de crescimento individual. Visando a predição do crescimento em diâmetro para diferentes idades, a autora ajustou modelos de crescimento por classe diamétrica, dentre os quais verificou melhor potencial para o modelo de Schumacher. (Tabela 2).

Tabela 2. Equações e parâmetros estatísticos obtidos para estimar o crescimento em diâmetro de araucária com o Modelo de Schumacher.

Classes sociológicas	Equações	R ² _{ajust}	S _{yx} (cm)	S _{yx} (%)
Suprimida 1 (10-30 cm)	$DAP = 34,335e^{-12,3756\left(\frac{1}{\text{anos}}\right)}$	0,89	2,23	10,68
Codominante 2 (30-50 cm)	$DAP = 49,3081e^{-15,8626\left(\frac{1}{\text{anos}}\right)}$	0,84	3,87	13,60
Dominante 3 (50-70 cm)	$DAP = 66,225e^{-14,3367\left(\frac{1}{\text{anos}}\right)}$	0,81	5,45	13,41

Com os dados de crescimento estimados pela equação de Schumacher (CURTO, 2015), foram ajustadas curvas de crescimento para cada uma das classes sociológicas avaliadas (Figura 1). O crescimento diamétrico entre as classes mostrou-se bastante distinto, sendo confirmado pelo teste de Graybill (1976).

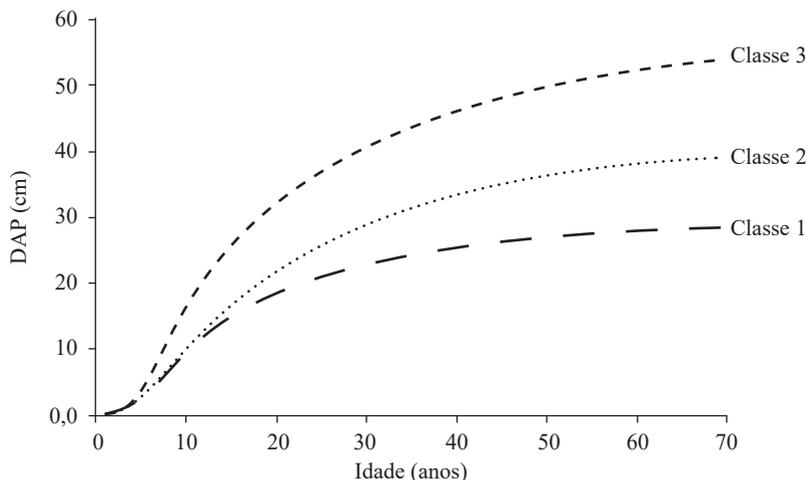


Figura 1. Curvas de crescimento em diâmetro estimadas pela equação de Schumacher, nas classes de diâmetro atual: classe 1 (10-30 cm) = suprimida, classe 2 (30-50 cm) = codominante, classe 3 (50-70 cm) = dominante.

Nota-se que, a partir dos 5 anos, as árvores da classe 3 já se destacavam em termos de crescimento (Figura 1). Aos 10 anos as árvores das classes 2 e 1 também começaram a se diferenciar. Assim, a partir dessa idade, já poderia haver identificação das árvores em desvantagem, em termos de competição, sendo essas selecionadas para um possível desbaste.

7 Tempo de passagem

Visando-se definir quanto tempo uma árvore demanda para atingir uma determinada dimensão diamétrica, ou seja, definir o ciclo de corte de uma floresta natural (SCOLFORO et al., 1996), foi realizado o cálculo do tempo de passagem entre classes diamétricas, por meio da divisão do intervalo de classe (5 cm) pelo incremento periódico anual na classe diamétrica (cm ano^{-1}) de *A. angustifolia* (CURTO, 2015).

Para definir o tempo de passagem, Curto (2015) considerou as árvores da classe de diâmetro atual 3 (50-70 cm), uma vez que o potencial da espécie na área em estudo foi comprovado por árvores que atingiram as referidas dimensões, mesmo que em condições de alta competição, sendo considerada a equação de crescimento de Schumacher ajustada apenas para a referida classe de diâmetro, a fim de mostrar o potencial da espécie em condições de plantio (Figura 2).

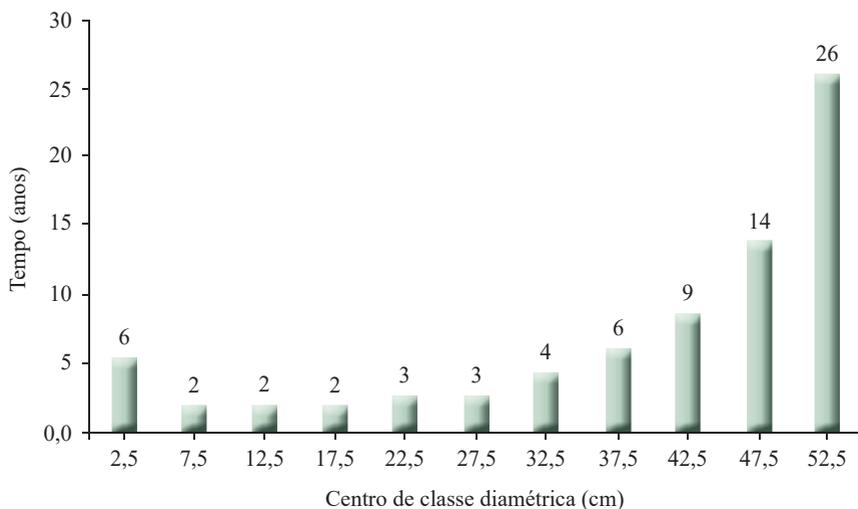


Figura 2. Tempo de passagem entre classes diamétricas para araucária.

Curto (2015) em sua análise observou que o tempo de passagem entre classes tende a aumentar à medida que se aumenta a classe de diâmetro, exceto para a primeira classe diamétrica (centro de 2,5 cm). Possivelmente, a tendência em aumentar o tempo de passagem é devida à alta competição exercida ao longo do tempo, uma vez que não houve manejo e liberação de espaço para a recuperação do crescimento.

8 Crescimento em volume

Para determinar o crescimento anual em volume para diferentes classes de diâmetro definidas por Curto (2015), para o povoamento de *A. angustifolia* anteriormente apresentado, foram utilizadas as informações geradas na análise completa de tronco. Assim como para o crescimento diamétrico, o modelo de Schumacher, dentre seis modelos testados, apresentou o melhor resultado para estimar o crescimento volumétrico para todas as classes de diâmetro avaliadas. Os dados resultantes do ajuste encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Equações e parâmetros e estatísticas obtidos para estimar o crescimento em volume de árvore individual de araucária com o Modelo de Schumacher.

Classes sociológicas	Equações	R ² _{ajust}	S _{yx} (m ³)	S _{yx} (%)
Suprimida 1 (10-30 cm)	volume = 1,7234e ^{-57,1841($\frac{1}{\text{anos}}$)}	0,91	0,07	25,33
Codominante 2 (30-50 cm)	volume = 4,9742e ^{-68,8565($\frac{1}{\text{anos}}$)}	0,82	0,26	38,93
Dominante 3 (50-70 cm)	volume = 10,7253e ^{-67,1427($\frac{1}{\text{anos}}$)}	0,86	0,50	33,87

Curto (2015) ressalta que, em um povoamento com 65 anos, aplicando-se as equações de volume selecionadas, nota-se em média um volume individual de 3,82 m³, 1,72 m³, 0,72 m³, para as classes 3, 2 e 1, respectivamente. Era esperado que, se o manejo tivesse sido conduzido para a obtenção do potencial de crescimento máximo das árvores, o crescimento volumétrico fosse próximo ao observado para a classe 3.

Em simulação, utilizando-se as equações apresentadas por Curto (2015) para o cálculo do número de árvores ideal por área, considerando-se as árvores com maior potencial de crescimento e também o espaço vital das árvores, foi estimado o incremento em volume, de acordo com a idade do povoamento (Tabela 4). Observa-se pelas seis rotações apresentadas na simulação, que o ponto ótimo de corte é atingido aos 40 anos, para diâmetros médios de 46 cm (desconsiderando o volume residual de desbaste). A partir desse ponto o incremento médio anual em volume passa a decrescer.

Assim, destaca-se a importância em se monitorar e identificar os momentos ideais de desbaste e o potencial que pode atingir a espécie *A. angustifolia*, de acordo com o sítio e o momento ótimo de corte, quando adequadamente manejada.

Tabela 4. Incremento volumétrico de madeira por hectare para plantios de araucária, de acordo com a idade e o espaço vital.

Rotação (anos)	Volume (m ³ árvore ⁻¹)	DAP (cm)	Número árvores	Volume total (m ³ ha ⁻¹)	Incremento médio anual (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)
20	0,373615	32	259	96,76627	4,838314
30	1,143982	41	163	186,4691	6,215637
40	2,001782	46	131	262,2335	6,555837
50	2,80037	50	113	316,4418	6,328835
60	3,502792	52	104	364,2904	6,071507
70	4,11	53	100	411	5,871429

DAP = diâmetro a 1,30 m do solo.

Referências

- AKACHUKU, A. E. The effects of some internal and external factors on growth rate of *Lovoa trichilioides* deduced from its wood anatomy. **IAWA**, v. 5, n. 1, p. 75-80, 1984. DOI: 10.1163/22941932-90000863.
- ASSMANN, E. **The principles of forest yield study**. Oxford: Pergamon Press, 1970. 506 p.
- CHATURVEDI, A. N.; KHANNA, L. S. **Forest mensuration**. Dehra Dun: International Book Distributors, 1982. 406 p.
- CLARK, D. A.; CLARK, D. B. Getting to the canopy: tree height growth in a neotropical rain forest. **Ecology**, v. 82, n. 5, p. 1460-1472, 2001. DOI: 10.1890/0012-9658(2001)082[1460:GTTC TH]2.0.CO;2.
- CURTO, R. A. **Avaliação do crescimento e potencial de manejo em plantio superestocado de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze**. 2015. 250 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 8, n. 1, p. 55-66, 1998.
- DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, p. 141-149, 2001. DOI: 10.5902/19805098501.

- ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 43 p. (Comunicações técnicas florestais, v. 7, n. 1).
- FRITTS, H. C. **Tree rings and climate**. London: Academic Press, 1976. 567 p.
- GRAYBILL, F. A. **Theory and application of the linear model**. Belmont: Duxbury Press, 1976. 704 p.
- 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. **Sustentável Mata Atlântica: a exploração de seus recursos florestais**. São Paulo: SENAC, 2002. p. 85-102.
- HILEY, W. E. **Conifers: South African methods of cultivation**. London: Faber and Faber, 1959. 123 p.
- HUSCH, B.; MILLER, I. C.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. New York: John Wiley, 1982. 402 p.
- INOUE, M. T.; GALVÃO, F.; TORRES, D. V. Estudo ecofisiológico sobre *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.: fotossíntese em dependência à luz no estágio juvenil. **Floresta**, v. 10, n. 1, p. 5-9, 1979. DOI: 10.5380/uf.v10i1.6239.
- JOHNSON, J. E.; SMITH, D. W. **Principles of regeneration silviculture in Virginia**. [Blacksburg]: Virginia Cooperative Extension, 2009. 20 p.
- KRAMER, P. J.; KOSLOWSKI T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1960. 745 p.
- LARSON, P. R. Evaluating the environment for studies of the inheritance of wood properties. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST AND TREE IMPROVEMENT, 1., 1963, Stockholm. **Proceedings...** Rome: FAO, 1963. p. 1-6.
- LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil**. 1980. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MALAN, F. S. Eucalyptus improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: IPEF; IPT; IUFRO; LCF/ESALQ/USP, 1995. p. 1-19.
- MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; BERNDT, E. J.; OLIVEIRA, Y. M. M. **Equação de volume para araucárias centenárias da Reserva Florestal Embrapa/Epagri**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 256).

MATTOS, P. P.; SANTOS, A. T.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, M. A. D. Dendrocronologia de espécies da Floresta Ombrófila Mista do município de Candói, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 54, p. 153-156, 2007a.

MATTOS, P. P.; SANTOS, A. T.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Crescimento de *Araucaria angustifolia* na Reserva Florestal Embrapa/ Epagri, Caçador, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 55, p. 107-114, 2007b.

NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 2, p. 9-25, 2001. DOI: 10.5902/198050981651.

OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F. A.; PILLAR, V. D. Climatic signals in tree-rings of *Araucaria angustifolia* in the southern Brazilian highlands. **Austral Ecology**, v. 35, p. 134-147, 2010. DOI: 10.1111/j.1442-9993.2009.02018.x.

OLIVEIRA, J. M.; SANTAROSA, E.; PILLAR, V. D.; ROIG, F. A. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, v. 23, p. 107-115, 2009. DOI: 10.1007/s00468-008-0259-y.

OLIVEIRA, Y. M. M. **Correlações entre parâmetros dendrométricos em *Araucaria angustifolia*, utilizando fotografias aéreas**. 1980. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura florestal**. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1997. 561 p.

RADTKE, P. J.; WESTFALL, J. A.; BURKHART, H. E. Conditioning a distance dependent competition index to indicate the onset of inter-tree competition. **Forest Ecology and Management**, v. 175, p. 17-30, 2003. DOI: 10.1016/S0378-1127(02)00118-4.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal**. 2. ed. Santa Maria, RS: UFSM, FACOS, 2008. 566 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal: florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA, FAEPE, 2007. 690 p.

SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELLO, J. M. de; OLIVEIRA FILHO, A. T. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 112-137, 1996.

SEITZ, R. A.; KANNINEN, M. Tree ring analysis of *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil: preliminary results. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 2, p. 170-174, 1989. DOI: 10.1163/22941932-90000485.

SEITZ, R. Crown development of *Araucaria angustifolia* in its natural environment during sixty years. In: CROWN AND CANOPY STRUCTURE IN RELATION TO PRODUCTIVITY, 1986, Ibaraki. **Proceedings...** Ibaraki: Forestry and Forest, Products Research Institute, 1986. p. 129-146.

SPIECKER, H. Tree rings and forest management in Europe. **Dendrochronologia**, v. 20, n. 1-2, p. 191-202, 2002.

VOLKART, C. M. Determinacion de la relacion dimetro copa: diametro tronco en *Araucaria angustifolia* y *Pinus elliottii* en la Provincia de Misiones. In: CONGRESO FORESTAL ARGENTINO, 1., 1969, Buenos Aires. **Actas...** Buenos Aires: Servicio Nacional Forestal. 1969.

Embrapa

Florestas

A araucária ou pinheiro brasileiro é uma espécie de grande importância social, econômica, ambiental e cultural para as regiões Sul e Sudeste do Brasil e encontra-se na lista oficial de espécies brasileiras ameaçadas de extinção. Uma das melhores formas de conservação da espécie é mediante o seu uso, onde a pesquisa necessita propor alternativas eficientes que gerem retorno econômico aos produtores. Assim, este livro apresenta particularidades e biologia reprodutiva, técnicas de propagação e critérios de manejo de araucária com o intuito de facilitar e incentivar o estabelecimento de plantios para produção de madeira e, principalmente, pinhão, tendo em vista este se tratar de alimento natural e altamente nutritivo, com tendência de aumento de consumo no curto e médio prazos. O livro é dividido em cinco capítulos: Particularidades e biologia reprodutiva; Produção de mudas por semente, Produção de mudas por estaquia e miniestaquia, Produção de mudas por enxertia e Critérios para manejo em plantios.



Apoio



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 13716