

ENXERTIA DE PROPÁGULOS TRUNCIFORMES NOS RAMOS DE *Araucaria angustifolia* E MULTIPLICAÇÃO DE MATRIZES

GRAFTING OF TRUNCIFORMS PROPAGULES IN BRANCHES OF *Araucaria angustifolia* AND MULTIPLICATION OF SELECTED PLANTS

Valdeci Constantino¹ Flávio Zanette²

RESUMO

A enxertia em *Araucaria angustifolia* é uma alternativa em relação à produção de mudas por sementes. No entanto, a disponibilidade natural de propágulos é muito limitada, uma vez que somente material obtido do tronco (ortotrópico) pode ser utilizado. O objetivo deste trabalho foi avaliar a técnica de enxertia sobre ramos da araucária e o tropismo dos enxertos visando à multiplicação de propágulos. A enxertia foi realizada no início de julho de 2014 por meio da técnica de placagem lenhosa em 20 plantas de *Araucaria angustifolia* com três anos de idade. Foram utilizadas borbulhas ortotrópicas obtidas de troncos e enxertadas em 43 ramos localizados nos três últimos verticilos superiores, em uma distância de 10 cm do tronco da planta porta-enxerto. Foi avaliada a sobrevivência dos enxertos, a qualidade da cicatrização, o tropismo (ângulo de crescimento), o comprimento e o diâmetro das brotações dos enxertos, bem como o diâmetro dos ramos porta-enxerto e sua relação com o diâmetro da brotação dos enxertos. Os dados foram analisados por meio de ferramentas de estatística descritiva. A enxertia nos ramos da araucária é viável. Apesar das diferenças morfológicas e funcionais, a interação entre enxertos de origem ortotrópica e ramos porta-enxertos plagiotrópicos não interfere no pegamento, na cicatrização e no crescimento inicial dos enxertos, pelo menos até 180 dias após a enxertia. Portanto, a possibilidade de enxertia em vários ramos de uma mesma planta configura uma alternativa para multiplicação de propágulos ortotrópicos. O tropismo das brotações depende da origem do enxerto. Propágulos trunciformes (obtidos de tronco) não são afetados pela interação quando enxertados em ramos porta-enxertos plagiotrópicos, dando origem a brotações com crescimento ortotrópico e morfologia de tronco juvenil. Os ramos do verticilo superior são os mais indicados para enxertia visando à multiplicação de propágulos ortotrópicos, pois estão menos sujeitos à dominância apical. **Palavras-chave:** tropismo; plagiotrópico; ortotrópico; propagação vegetativa.

ABSTRACT

The grafting in *Araucaria angustifolia* is an alternative choice related to the production of seedlings using seeds. However, the natural availability of propagules is very limited, since only material obtained from the trunk (orthotropic) could be used. The aim of this study was to evaluate the grafting technique on branches of Araucaria and the graft tropism in order to have the propagule multiplication. The grafting was held in the beginning of July 2014 using the patch grafting technique in 20 plants of 3-year old *Araucaria angustifolia*. It was used orthotropic buds obtained from trunks and grafted in 43 branches located in the last three upper whorls, within a distance of 10 cm from the rootstock plant trunk. It was evaluated the graft survivals, the healing quality, the tropism (growth angle), the height and diameter of the graft shoots, as well as the diameter of rootstock branches and its relation to the diameter of the graft. Data were analyzed by descriptive statistical tools. The grafting in Araucaria branches is viable. Despite the morphological and functional differences, the interaction among grafts with orthotropic origin and plagiotropic rootstock branches does not interfere in the setting, healing and the initial growth of the grafts, at least up to 180 days after grafting. Therefore, the possibility of grafting in several branches of a same plant configures an

1 Engenheiro Florestal, Dr., Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários, 1540, CEP 80035-060, Curitiba (PR), Brasil. deco@ufpr.br

2 Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários, 1540, CEP 80035-060, Curitiba (PR), Brasil. flazan@ufpr.br

Recebido para publicação em 6/04/2016 e aceito em 21/03/2017

alternative option for the multiplication of orthotropic propagules. The tropism of shoots depends on the graft origin. Trunciform propagules (obtained from the trunk) are not affected by the interaction when grafted on plagiotropic rootstock branches, showing shoots with orthotropic growth and youth trunk morphology. The upper whorl branches are the most suitable for grafting, aiming the multiplication of orthotropic propagules, because they are less subject to the apical dominance.

Keywords: tropism; plagiotropic; orthotropic; vegetative propagation.

INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Floresta com Araucária, integrante do Bioma Mata Atlântica (BRASIL, 2006), cobria áreas extensas, principalmente na Região Sul do Brasil (HUECK, 1972). Estima-se que entre 1930 e 1980 tenham sido derrubadas cerca de 100 milhões de araucárias (BRASIL, 2010). De acordo com Mahler Junior e Larocca (2009), restava menos de 3% da área original, resultado de intenso desmatamento para cultivo agrícola e exploração econômica da madeira de araucária. No estado do Paraná, as florestas com araucárias primárias ou intocadas praticamente não existem mais. De acordo com Castella e Brites (2004), restavam apenas 0,3% de florestas secundárias avançadas ou primárias alteradas. Atualmente esse número pode ser ainda menor, pois a exploração clandestina ainda persiste, apesar de a legislação brasileira impedir o corte de araucárias nativas desde 2001 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2001) e da espécie estar ameaçada de extinção (BRASIL, 2014). A resolução que proíbe o corte da araucária não tem conseguido impedir o corte “silencioso” e a morte dos indivíduos mais velhos. A proibição do uso da madeira acarreta desvalorização econômica da espécie e a consequente perda de interesse na conservação, estimulando proprietários rurais a impedir a sua regeneração natural. É preciso que sejam criadas alternativas que estimulem o produtor rural a manter as araucárias em sua propriedade. Segundo o que se observa na literatura, a definição de um protocolo de produção de mudas que permita antecipar a frutificação da araucária e ao mesmo tempo elevar a produtividade, pode contribuir para diminuir a exploração sobre as araucárias remanescentes (ZANETTE, 2010).

Normalmente, a araucária é propagada por sementes, cuja disponibilidade, geralmente só inicia quando as árvores atingem idades entre 12 e 15 anos (ZANETTE; OLIVEIRA; BIASI, 2011). A baixa longevidade das sementes e a dificuldade no controle sobre algumas características de interesse como, por exemplo, definição do sexo, porte da planta e capacidade produtiva, torna este método limitado. Por outro lado, a propagação vegetativa tem se mostrado promissora quando o objetivo é produzir pinhão. O método preferível é a enxertia, principalmente porque pode antecipar a frutificação, reduzir o porte da planta e aumentar a produtividade, quando se usa propágulos de matrizes superiores (ZANETTE, 2010).

Embora até hoje tenham sido publicados poucos estudos sobre a enxertia em araucária (GURGEL; GURGEL-FILHO, 1967; KAGEYAMA; FERREIRA, 1975; ANSELMINI; ZANETTE, 2008), os estudos mais recentes (ZANETTE; OLIVEIRA; BIASI, 2011; WENDLING, 2015) têm demonstrado o potencial da enxertia para auxiliar na conservação da espécie, na produção de pinhões e madeira.

De acordo com Mudge et al. (2009), a enxertia envolve a criação de um sistema genético composto por duas ou mais unidades genotípicas distintas, cada qual mantendo suas próprias identidades genéticas durante o desenvolvimento da planta enxertada. No caso da araucária, pode ser realizada pelas técnicas de garfagem em fenda cheia no topo do porta-enxerto ou borbúlia de placa (WENDLING, 2011) e por placagem lenhosa (ZANETTE; OLIVEIRA; BIASI, 2011).

Apesar da possibilidade de enxertar araucária, a técnica ainda é pouco usada porque depende do propágulo. De acordo com Hibbert-Frey et al. (2011), a origem do propágulo na copa pode afetar o sucesso da enxertia. Nesse sentido, tipo, juvenilidade e vigor são algumas das características determinantes.

Existe limitação para aplicação da enxertia de forma intensiva devido, principalmente, ao plagiotropismo característico da araucária (IRITANI, 1997) e a escassez de propágulos ortotrópicos (WENDLING, 2015), ou seja, aqueles obtidos de tronco. Quando enxertados propágulos de origem plagiotrópica, os brotos assumem um crescimento desviado da vertical e continuam seu crescimento de forma similar a um ramo lateral (ZOBEL; TALBERT, 1984). Apenas propágulos de origem ortotrópica desenvolvem copa com crescimento vertical, portanto são os indicados para propagação vegetativa da araucária, visando à multiplicação de árvores superiores (WENDLING et al., 2009; ZANETTE; OLIVEIRA;

BIASI, 2011). Portanto, é imprescindível a definição de metodologias para aumentar a quantidade de brotações ortotrópicas trunciformes (com morfologia de tronco) para viabilizar a produção em larga escala de mudas de *Araucaria angustifolia* por propagação vegetativa.

A possibilidade de realizar a enxertia nos ramos plagiotrópicos da araucária visando à multiplicação de material selecionado poderá constituir um estímulo para a criação de áreas exclusivas para produção e fornecimento de propágulos, o que viabilizaria a produção em larga escala de mudas e, conseqüentemente, o maior alcance ecológico e econômico, contribuindo para reverter a atual fragmentação em que se encontram as matas com araucárias.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a sobrevivência, a cicatrização, o crescimento, o tropismo e o potencial de multiplicação de material selecionado em enxertos realizados sobre ramos primários plagiotrópicos localizados nos três últimos verticilos da copa de araucária.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do experimento

A pesquisa foi realizada em julho de 2014 em viveiro do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, localizado nas coordenadas 25° 24' 45'' S e 49° 14' 54'' O, em altitude máxima de 911 m. Para a realização da enxertia, foram utilizadas como porta-enxertos, 20 plantas de *Araucaria angustifolia* com idade de três anos e altura variando entre dois e três metros, propagadas por sementes. Estas plantas foram selecionadas com base nos seus ramos pouco lignificados e de diâmetro compatível com os propágulos (borbulhas). Foram selecionados 43 ramos, sendo 14 do primeiro verticilo, 24 do segundo verticilo e 5 do terceiro verticilo.

Foram obtidas placas (enxerto) de tronco de plantas juvenis produzidas por sementes, com aproximadamente dois anos de idade e altura de 80 cm, mantidas em vasos. Cada placa com tamanho de dois centímetros de comprimento e 0,8 cm de largura continha pelo menos três acículas com suas regiões axilares intactas (nesta região estão contidos polos meristemáticos capazes de regenerar uma nova copa, portanto, é neste local que iniciará a brotação do enxerto). As placas foram enxertadas sobre os ramos, na distância de 10 cm do tronco das plantas porta-enxerto, utilizando a técnica de enxertia por placagem lenhosa (ZANETTE; OLIVEIRA; BIASI, 2011). Esta técnica consiste na utilização de placas (enxertos) retangulares de tamanhos variáveis em função do diâmetro do porta-enxerto. Neste trabalho foram usadas placas de 2 cm de comprimento por 0,8 cm de largura. A espessura ideal da placa foi obtida aplainando até que houvesse uma fina camada de lenho. Dos ramos porta-enxertos foram retiradas placas de mesmas dimensões para colocação da placa/enxerto. Os enxertos foram fixados com arame flexível e depois envoltos com fita plástica para criação de uma câmara úmida para evitar sua desidratação. Decorridos vinte e um dias após a realização da enxertia foram retiradas as fitas plásticas. Quatorze dias depois, os ramos contendo enxertos com sinais de pegamento (coloração verde) foram podados logo depois/acima dos enxertos. Os arames foram retirados logo que iniciou o inchaço e amarelecimento nas axilas das acículas do enxerto.

Análise de dados

A sobrevivência dos enxertos foi avaliada aos 70 dias após a enxertia. A cicatrização foi avaliada no final do experimento de acordo com a Figura 1.

O tropismo das brotações foi avaliado 180 dias após a enxertia. Com auxílio de um transferidor foi obtido o ângulo formado entre a linha de projeção do tronco da planta porta-enxerto e a linha de inclinação da brotação, conforme Fazio e Robinson (2008). Além do ângulo, também foi considerada a organização dos verticilos para caracterização do tropismo. Brotações com crescimento até 10 graus em relação ao tronco da planta porta-enxerto foram consideradas ortotrópicas. Brotações com ângulos maiores que 10 graus que apresentaram ramificação em verticilo bem definido (ramos inseridos no mesmo nó) também foram classificadas como ortotrópicas.

Medidas de comprimento das brotações, diâmetro na base e no terço médio das brotações e diâmetro

dos ramos porta-enxertos, abaixo do local enxertado, foram obtidas com auxílio de régua graduada e paquímetro. O comprimento foi expresso em cm e o diâmetro em mm.

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva. Foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis “distância dos verticilos até o ápice” e “ângulo da brotação”; “distância dos verticilos” e “comprimento das brotações”.



FIGURA 1: Classificação da cicatrização dos enxertos: A) cicatrização ótima (perfeita união enxerto e porta-enxerto); B) cicatrização intermediária (união entre enxerto e porta-enxerto com presença de tecidos ressecados); C) cicatrização fraca (bordas do enxerto desalinhadas com o porta-enxerto e ressecadas).

FIGURE 1: Healing graft classification: A) Great healing (perfect union between graft and rootstock); B) Intermediate healing (union between graft and rootstock with the presence of dried tissue); C) Poor healing (edges of the graft are misaligned with the rootstock and dried).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sobrevivência e qualidade da cicatrização dos enxertos

Dos 43 enxertos realizados apenas quatro não desenvolveram brotação e secaram, resultando numa taxa de sobrevivência de 91%. Ao dividir esta taxa proporcionalmente pelo total de enxertos sobreviventes por verticilo tem-se 28%; 53,7% e 9,3% para o primeiro, segundo e terceiro verticilo, respectivamente (Tabela 1).

TABELA 1: Médias de crescimento e qualidade de cicatrização de enxertos em ramos plagiotrópicos de *Araucaria angustifolia* com propágulos de tronco, 180 dias após a enxertia.

TABLE 1: Averages of growth and healing quality of the grafts in plagiotropic branches of *Araucaria angustifolia* with trunk propagules, 180 days after the grafting.

	DV	CT	AC	DB	DA	DP	ICB	ICA	QC			
									O	I	F	
1º verticilo (14 ramos enxertados - 2 mortos) - TRS = 28 %												
$\bar{X}$	15,9	9,6	1,1	6,2	8,0	6,3	1,0	1,3	0,0	91,7	8,3	
Mínimo	08,0	1,8	0,0	4,7	5,0	5,2	0,7	0,8				
Máximo	23,5	20,0	5,0	7,9	10,6	9,4	1,5	1,5				
Desvio p.	5,9	5,5	1,6	0,8	1,5	1,2	0,2	0,2				
2º verticilo (24 ramos enxertados - 1 morto) - TRS = 53,7 %												
$\bar{X}$	46,6	6,1	7,0	4,9	6,2	6,3	0,8	1,0	0,0	95,7	4,3	
Mínimo	17,0	1,1	0,0	4,2	4,5	5,3	0,6	0,2				

Continuação...

TABELA 1: Continuação..

TABLE 1: Continued...

	DV	CT	AC	DB	DA	DP	ICB	ICA	QC		
									O	I	F
Máximo	110,0	12,5	25,0	5,9	8,8	7,7	1,0	0,6			
Desvio p.	33,4	3,2	8,0	0,5	1,1	0,8	0,1	0,2			
3º verticilo (5 ramos enxertados - 1 morto) - TRS = 9,3 %											
$\bar{X}$	106,0	1,4	8,0	n.a	n.a	5,4	n.a	n.a			
Mínimo	94,0	1,2	0,0	n.a	n.a	5,1	n.a	n.a	0,0	75,0	25,0
Máximo	118,0	1,7	15,0	n.a	n.a	5,9	n.a	n.a			
Desvio p.	17,0	0,2	8,1	n.a	n.a	0,3	n.a	n.a			
Média geral		6,7	5,3	5,4	6,9	6,2	0,8	1,1	0,0	87,5	12,5

Em que: DV = distância do verticilo até o ápice da copa (cm); CT = comprimento do enxerto (cm); AC = ângulo de crescimento do enxerto (graus); DB = diâmetro da base do enxerto (mm); DA = diâmetro no terço superior do enxerto (mm); DP = diâmetro do ramo porta-enxerto (mm); ICB = diâmetro da base do enxerto/diâmetro do ramo porta-enxerto; ICA = diâmetro no terço superior do enxerto/diâmetro do ramo porta-enxerto; QC = qualidade da cicatrização (%); O = qualidade ótima; I = qualidade intermediária; F = qualidade fraca; n.a = não avaliado; Desvio p. = desvio padrão; TRS = taxa relativa de sobrevivência (%).

Embora o experimento tenha sido instalado no início do inverno, propágulos obtidos de tronco e enxertados nos ramos primários da araucária apresentaram taxa de sobrevivência equivalente à enxertia no tronco principal, que é a técnica recomendada por Zanette, Oliveira e Biasi (2011) e Wendling (2015). O segundo autor relatou taxa de sobrevivência entre 80 e 90% para enxertia tradicional no tronco principal em experimento realizado entre primavera e verão.

O sucesso da sobrevivência e do crescimento do enxerto depende de vários fatores como: época do ano; fase de crescimento e idade da planta-matriz e da planta porta-enxerto; ciclo de vida dos tecidos envolvidos; tipo de enxerto; local de cultivo; afinidade anatômica quanto ao tamanho e forma das células, consistência dos tecidos, exigência nutricional; porte e vigor da copa da planta porta-enxerto; produção de compostos metabólicos secundários, como resina ou substâncias fenólicas que dificultam a formação de calos e condição fitossanitária da planta-matriz e do porta-enxerto (FACHINELLO et al., 1995; HARTMANN et al., 2002; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009). Neste sentido, o bom resultado de sobrevivência dos enxertos se deve, provavelmente, ao uso de propágulos de plantas juvenis e porta-enxertos em boas condições fitossanitárias. Tecidos de propágulos juvenis apresentam maiores níveis endógenos de auxinas e outros reguladores comparados aos tecidos maduros (HACKETT, 1987), portanto, a regeneração celular tende a ser mais eficiente, favorecendo a cicatrização e o pegamento do enxerto. Outro fator determinante para o sucesso da enxertia pode ter sido a técnica utilizada, a placagem lenhosa. Esta técnica contorna o problema da diferença de diâmetro entre enxerto e porta-enxerto, principalmente quando enxertado material de origem ortotrópica em ramos porta-enxerto que, por natureza, pode apresentar diâmetro menor. Neste caso é possível obter placas de tamanho compatível com o ramo porta-enxerto.

De acordo com Peil (2003), quanto maior a afinidade botânica, maior a probabilidade de sobrevivência do enxerto. A afinidade compreende aspectos morfológicos e fisiológicos. Nesse sentido é possível concluir que a diferença anatômica, morfológica e funcional existente entre os propágulos de tronco e o ramo porta-enxerto não interferiu na união dos tecidos cambiais da araucária, que é condição fundamental para o êxito da enxertia (CARVALHO, 2002).

De acordo com os resultados deste trabalho, a baixa taxa de mortalidade dos enxertos e a distribuição proporcional nos três verticilos avaliados, sugerem que a posição da enxertia ao longo do tronco não teve influência na mortalidade dos enxertos.

Com relação à cicatrização, foi observado que na maioria dos casos, apesar da união entre enxerto e ramo porta-enxerto, houve presença de tecidos ressecados no local da enxertia, principalmente nas regiões de corte, configurando cicatrização de qualidade intermediária, aos 180 dias após a enxertia (Figura 1 - B).

A qualidade da cicatrização na enxertia em ramos de araucária a partir de propágulos de tronco de plantas juvenis não é muito diferente em relação àquela da enxertia comumente realizada no tronco, apesar das diferenças morfológicas e funcionais existentes entre o material do tronco e do ramo. A presença de tecidos ressecados na região de contato entre enxerto e porta-enxerto pode ter sido resultado da oxidação, devido à necessidade de aparar a placa de enxerto; da posição de enxertia, que dificulta o manuseio e a fixação da placa; da espessura e lignificação dos tecidos do ramo porta-enxerto, na região da enxertia, que dificulta a transferência de conteúdo entre as células de ambos os tecidos. Trabalhos futuros aplicando a enxertia em local mais próximo do ápice dos ramos podem ajudar a esclarecer a questão da cicatrização, pois nesta região, geralmente os tecidos são mais jovens, menos lignificados e mais grossos.

Apesar da maioria dos enxertos terem apresentado áreas ressecadas na região de enxertia, foi possível constatar que não houve comprometimento dos polos meristemáticos presentes internamente na parte superior das acículas na placa de enxerto, a ponto de impedir o pegamento e o desenvolvimento inicial da brotação. Com relação a isso, Cañizares, Santos e Goto (2003) afirmam ser necessária apenas uma área mínima de contato na região do câmbio, entre enxerto e porta-enxerto para que seja possível a formação de novo xilema e floema. De acordo com Goldschmidt (2014), sinais hormonais, em particular auxinas desempenham um papel importante na cicatrização e regeneração vascular. Nesse sentido, o amarelecimento e a constatação de sinais de inchaço na região da enxertia, antes da brotação do enxerto, indicam uma provável atividade hormonal capaz de criar condições para a cicatrização dos tecidos envolvidos e crescimento dos enxertos.

Os resultados de sobrevivência e cicatrização até 180 dias após a enxertia, período de acompanhamento deste trabalho, são indicativos da viabilidade técnica de enxertar material obtido do tronco em ramos da araucária, como alternativa para multiplicação de propágulos ortotrópicos de matrizes selecionadas.

Tropismo (ângulo das brotações)

O ângulo de crescimento das brotações dos enxertos variou entre zero e 25°, com média geral de 5,3°, a partir da projeção vertical obtida pelo paralelismo com o tronco da planta porta-enxerto. A média por verticilo foi de 1,1°; 7° e 8° para os enxertos do primeiro, segundo e terceiro verticilo, respectivamente (Tabela 1 - AC).

Apesar de encontrada uma variação significativa nos ângulos de crescimento das brotações, todas apresentaram características de crescimento ortotrópico, com crescimento vertical e/ou formação de verticilos bem definidos (Figura 2 - B, C, F, G, H, K, L).

A pequena variação no ângulo de crescimento, mais comum na Figura 2 (F, I) pode ser resultado do processo de enxertia, uma vez que os enxertos foram posicionados na lateral e na parte mais inferior do ramo. Como o geotropismo da araucária é negativo, o crescimento inicial tende a ser inclinado. Outra hipótese está relacionada com o vigor do ramo enxertado e a dominância apical, uma vez que existe gradiente de auxina da parte aérea até a raiz que afeta vários processos do desenvolvimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2004), inclusive inibição de crescimento como pode ser visto em enxertos localizados em ramos do terceiro verticilo da araucária (Figura 2 - F). A correlação ($r=0,44 *$) entre a distância do verticilo enxertado e o ângulo da brotação indica que, quanto mais distante o enxerto estiver do ápice da planta, mais inclinada é a brotação. Além da dominância apical, é possível que o sombreamento proporcionado pelos ramos dos verticilos superiores induza a brotação a procurar por luz e, conseqüentemente, inclinar-se. Essa inclinação, no entanto, não significa que o crescimento seja plagiotrópico, mas apenas resultado de um desvio temporário em busca de luz.

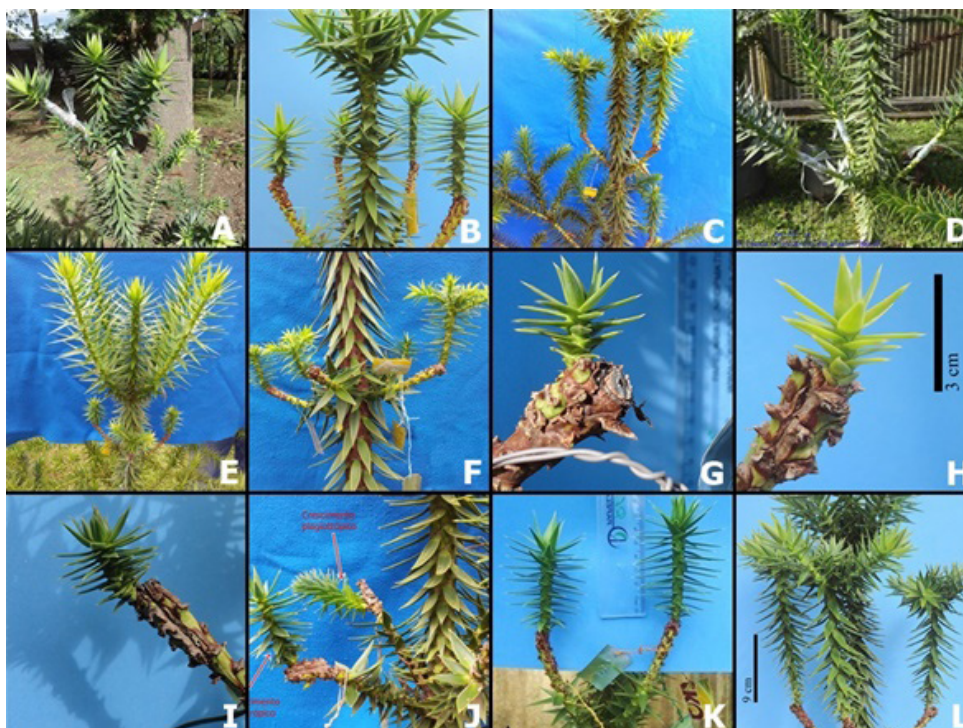


FIGURA 2: Enxertos de borbulhas de tronco em ramos plagiotrópicos de *Araucaria angustifolia*: A) ramo do primeiro verticilo superior recém-enxertado; B) brotação com crescimento ortotrópico; C) brotação com crescimento vertical apresentando ramificação em verticilos; D) ramo do segundo verticilo superior recém-enxertado; E) crescimento de enxertos em ramos do segundo verticilo; F) crescimento de enxertos em ramos do terceiro verticilo apresentando leve inclinação; G) enxerto em ramo do terceiro verticilo com sinais de inibição de crescimento; H e I) brotações com geotropismo negativo em enxertos posicionados na parte inferior dos ramos; J) crescimento ortotrópico da brotação de enxerto com propágulo de tronco e crescimento plagiotrópico da brotação do ramo podado; K e L) brotações de enxertos com propágulos de tronco sobre ramos plagiotrópicos de araucária aptas para fornecimento de borbulhas viáveis.

FIGURE 2: Grafts from trunk bud in plagiotropic branches of *Araucaria angustifolia*: A) branch from the first fresh grafted upper whorl; B) budding with orthotropic growth; C) budding with vertical growth showing branching in whorls; D) branch from second fresh grafted upper whorl; E) growth of grafts in second whorl branches; F) growth of grafts in the third whorl branches showing slight inclination; G) graft in the third whorl branch with growth inhibition signals; H and I) budding with negative geotropism in grafts placed in the lower part of the branches; J) orthotropic growth of the graft shoots with trunk propagules and plagiotropic growth of the shoots from the pruned branch; K and L) grafts shoots with trunk propagules on plagiotropic branches of Araucaria able to supply viable material.

Na Figura 2 (B) é possível notar o paralelismo das brotações em relação ao tronco da planta porta-enxerto e também o vigor de crescimento do enxerto. Provavelmente, seja resultado da interação dos ramos enxertados que estão próximos do ápice da planta, portanto mais novos, e do grau de juvenildade dos propágulos obtidos de plantas jovens produzidas a partir de sementes. O mesmo paralelismo é encontrado na Figura 2 (C), neste caso as brotações já apresentam ramificação bem definida, refletindo as características ortotrópicas do material de origem dos enxertos.

A gema terminal e as gemas dormentes (polos meristemáticos) ao longo do tronco principal das Araucariáceas são os únicos meristemas normalmente capazes de produzir brotações que se desenvolvem ortotrópicamente (NIKLES, 1964). De acordo com os resultados deste trabalho, o desenvolvimento ortotrópico destes meristemas independe do local em que são enxertados. As características de crescimento ortotrópico das borbulhas/placas enxertadas se mantiveram independentemente da característica de crescimento dos ramos porta-enxerto, que é plagiotrópica. Portanto, não foi verificada interferência trópica

do ramo. Significa que a enxertia envolveu a criação de um sistema genético composto por duas unidades genotípicas distintas, cada qual mantendo suas próprias identidades genéticas (MUDGE et al., 2009). Tendo em vista a escassez de propágulos de origem ortotrópica em araucárias, a retenção das características de crescimento destes propágulos, independentemente do local em que são enxertados (no tronco ou nos ramos) pode ser explorada como uma estratégia para multiplicação de genótipos selecionados.

Comprimento e diâmetro das brotações

Nas condições deste experimento com a avaliação no inverno para região de Curitiba, foram encontradas aos 180 dias após a enxertia brotações com até 20 cm de comprimento e 10,6 mm de diâmetro (Tabela 1 - primeiro verticilo).

O comprimento das brotações dos enxertos variou de 1,1 a 20,0 cm, com média geral de 6,7 cm (Tabela 1 - CT).

A média de crescimento em diâmetro no terço superior da brotação foi maior que na base das brotações, sugerindo que neste local o ritmo de crescimento foi menor, provavelmente influenciado pela interação anatômica e morfológica do ramo porta-enxerto (Tabela 1 - DB e DA).

Os enxertos do primeiro verticilo apresentaram maior comprimento, diâmetro e relação entre o diâmetro da brotação e diâmetro do ramo porta-enxerto, aos 180 dias após a enxertia (Tabela 1). A diferença no crescimento pode ser observada comparando-se a imagem da Figura 2 (L), cuja enxertia foi realizada em ramos do primeiro verticilo, com a imagem da Figura 3, com enxertos nos ramos do terceiro verticilo.

Na Figura 2 (B, C, K, L) são apresentados alguns enxertos, cujas brotações aos 180 dias após a enxertia já estão aptas para fornecimento de borbulhas viáveis para enxertia da araucária, por placagem lenhosa.

A enxertia na araucária como em qualquer espécie não depende só do pegamento do material enxertado, mas, também do desenvolvimento da brotação do enxerto. No caso deste experimento, a expectativa de superioridade em comprimento e diâmetro dos enxertos do primeiro verticilo (Tabela 1) foi confirmada. Provavelmente o resultado tenha ocorrido em função de uma resposta hormonal mais pronunciada neste local, já que está localizado mais próximo do ápice da planta (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O menor comprimento dos enxertos mais distante do ápice da planta porta-enxerto (terceiro verticilo) pode ser explicado pela correlação negativa ($r=-0,52$ *) entre a posição do verticilo enxertado na planta e o comprimento total da brotação. Significa que existe gradiente decrescente no comprimento da brotação, na medida em que os enxertos estão localizados mais distantes do ápice. Essa redução pode estar relacionada com um gradiente decrescente de auxina do ápice para a base, que pode afetar a divisão, expansão e diferenciação celular (BERLETH; SACHS, 2001) e o alongamento do caule (FRIML et al., 2003; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Apesar do comprimento e diâmetro ter sido maior nos enxertos realizados no primeiro verticilo, brotações de enxertos do segundo verticilo também se apresentaram viáveis para fornecimento de material genético, após 180 dias da enxertia.

Em um possível jardim clonal para produção de borbulhas ortotrópicas de araucária para enxertia, um único ápice de tronco ou, quando muito, dois ou três, se explorada a brotação para estaquia, poderiam ser destacados da planta-matriz. Uma estimativa moderada empregando a técnica usada neste trabalho pode alcançar uma produção de borbulhas até quatro vezes maior enxertando apenas ramos do verticilo superior, que foi o que apresentou melhores condições de desenvolvimento para as brotações. A proporção pode ser ainda maior uma vez que a quantidade de ápices fornecedores de borbulhas ou estacas é proporcional à quantidade de ramos enxertados, podendo-se enxertar até ramos do segundo verticilo. Portanto, pode ser uma ótima alternativa para aumentar a disponibilidade de propágulos de matrizes selecionadas, viabilizando a propagação vegetativa em maior escala.



FIGURA 3: Comportamento de crescimento de enxertos de *Araucaria angustifolia* realizados nos ramos do terceiro verticilo, 180 dias após a enxertia.

FIGURE 3: Growth behavior of *Araucaria angustifolia* grafts performed on branches of third whorl, 180 days after grafting.

O crescimento em diâmetro da brotação do enxerto quando comparado ao diâmetro do ramo porta-enxerto (Tabela 1), mostra que, aos 180 dias depois da enxertia, praticamente já há uma equivalência em diâmetro, principalmente nos enxertos em ramos do primeiro verticilo. Essa capacidade de crescimento pode ser explorada para multiplicação de propágulos e indica o potencial desta técnica de enxertia a ser usada em jardins clonais. No entanto, é importante ressaltar que os ramos apresentam crescimento em diâmetro determinado e no tronco o crescimento é indeterminado, podendo ocorrer incompatibilidade tardia. Nesse sentido, o período indicado é de 180 dias, período utilizado para avaliação deste experimento. É importante que sejam realizados novos experimentos deste tipo, principalmente com propágulos de plantas adultas e que os mesmos sejam mantidos por um período mais extenso, de modo a estabelecer prazo de manutenção dos enxertos, sem que haja prejuízo devido à incompatibilidade e dominância apical.

CONCLUSÕES

A enxertia nos ramos da araucária é viável. Apesar das diferenças morfológicas e funcionais, a interação entre enxertos de origem ortotrópica e ramos porta-enxertos plagiotrópicos não interfere no pegamento, na cicatrização e no crescimento inicial dos enxertos até 180 dias da enxertia. Portanto, a possibilidade de enxertia em vários ramos de uma mesma planta configura uma alternativa para multiplicação de matrizes.

O tropismo das brotações depende da origem do enxerto. Propágulos trunciformes (obtidos de tronco) não são afetados pela interação quando enxertados em ramos porta-enxertos plagiotrópicos, dando origem a brotações com crescimento ortotrópico e morfologia de tronco juvenil.

Os ramos do verticilo superior são os mais indicados para enxertia visando à multiplicação de propágulos ortotrópicos, pois estão menos sujeitos à dominância apical.

REFERÊNCIAS

- ANSELMINI, J. I.; ZANETTE, F. Microenxertia e sua caracterização morfológica em *Araucaria angustifolia*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 967-973, 2008.
- BERLETH, T.; SACHS, T. The morphogenesis: long distance coordination and local patterning. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 4, p. 57-62, 2001.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de manejo: Parque Nacional das Araucárias**. Brasília: MMA, 2010.
- 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm>. Acesso em: 1 abr. 2016.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria n. 443 de 17 de dezembro de 2014. Lista nacional oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 dez. 2014, seção 1, p. 111.
- CASTELLA, P. R.; BRITEZ, R. M. A. (Org.). **Floresta com Araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 233 p.
- CAÑIZARES, K. A. L.; SANTOS, H. S.; GOTO, R. **Enxertia em Hortalças**. São Paulo: [s. n.], 2003.
- CARVALHO, R. I. N. Fisiologia de produção de espécies frutíferas. In: WACHOWICZ, C. M.; CARVALHO, R. I. N. **Fisiologia vegetal: produção e pós-colheita**. Curitiba: Champagnat, 2002. p. 135-182.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução CONAMA Nº 278/2001. Dispõe contra corte e exploração de espécies ameaçadas de extinção da flora da Mata Atlântica. **Diário Oficial União**, Brasília, DF, 18 jul. 2001, p. 51-52.
- FACHINELLO, J. C. et al. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2. ed. Pelotas: UFPEL, 1995. 178 p.
- FAZIO, G.; ROBINSON, T. Modification of nursery tree architecture with apple rootstocks: a breeding perspective. **New York Fruit Quarterly**, Geneva, v. 16, n. 1, p. 13-16, 2008.
- FRIML, J. et al. Efflux-dependent auxin gradients establish the apical-basal axis of Arabidopsis. **Nature**, London, v. 426, p. 147-153, 2003.
- GOLDSCHMIDT, E. E. Plant grafting: new mechanisms, evolutionary implications. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 5, dez. 2014.
- GURGEL, J. T. A.; GURGEL FILHO, O. A. Métodos de enxertia para o pinheiro brasileiro, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., visando-se a formação de pomares de sementes. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 6, p. 153-155, 1967.
- HACKETT, W. P. Donor plant maturation and adventitious root formation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. (Ed.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides, 1987. p. 11-28. (Advances in Plant Sciences Series, 2).
- HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 7th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880 p.
- HIBBERT-FREY, H. et al. Grafting Fraser Fir (*Abies fraseri*): effect of scion origin (crown position and branch order). **HortScience**, Virgínia, v. 46, n. 1, p. 91-94, 2011.
- HUECK, K. **As Florestas da América do Sul**. São Paulo: Editora Polígono, 1972. p. 206-239.
- IRITANI, C. **Aspectos múltiplos da cultura in vitro da Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze.** 1997. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.
- KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Propagação vegetativa por enxertia em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 11, p. 95-102, 1975.
- MÄHLER JUNIOR, J. K. F.; LAROCCA, J. F. Fitofisionomias, desmatamento e fragmentação da Floresta com Araucária. In: FONSECA, C. R. et al. (Ed.). **Floresta com Araucária**. Ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2009. p. 243-252.
- MUDGE, K. et al. A history of grafting. **Horticultural Reviews**, Bethesda, v. 35, n. 9, p. 437-493, 2009.
- NIKLES, D. G. *Araucaria cunninghamii* “bark-patch” grafting in the field. **Australian Forest Research**, Canberra, v. 1, n. 1, p. 45-47, 1964.
- PEIL, R. M. A enxertia na produção de mudas de hortalças. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6,

p. 1169-1177, nov./dez. 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

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

WENDLING, I. et al. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. **Agronomía Costarricense**, Costa Rica, v. 33, n. 2, p. 309-31, 2009.

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

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2009. 272 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* (Bertol.) Kuntze through the four seasons of the year. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1364-1370, dez. 2011.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: North Carolina State University, 1984. 505 p.