

Paulo Piquini  
(organizador)

# JAI UFSM

Jornada Acadêmica Integrada  
Compilação de artigos de 2016

**FACOS - UFSM**  
Santa Maria, 2017

# MELHORAMENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES FLORESTAIS PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

Dilson A. Bisognin  
Kelen H. Lencina<sup>1</sup>

## Introdução

O Brasil é um país florestal com a segunda maior área de floresta do mundo (12%), atrás apenas da Rússia, que possui 20% do total (FAO, 2015). Em 2013, aproximadamente 54,4% do território brasileiro era coberto por florestas naturais e plantadas (SFB, 2013). Em relação às áreas de florestas plantadas, vem ocorrendo um aumento gradual a cada ano, passando de 7,2 milhões de hectares em 2011 (SFB, 2013) para aproximadamente 7,5 milhões de hectares em 2015 (IBÁ, 2015), compostas principalmente de espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* (92%).

A atividade florestal tem sido responsável pela geração de aproximadamente 673 mil empregos formais e a exportação de nove bilhões de dólares em produtos madeireiros e não madeireiros, o que tem proporcionado protagonismo no cenário econômico brasileiro. Sobretudo, as florestas prestam serviços ambientais essenciais, como a conservação dos recursos hídricos e edáficos, a conservação da biodiversidade, a estabilidade climática e o valor cultural (SFB, 2013).

Além do aumento em área, as florestas plantadas vêm apresentando aumento de produtividade, em função de características singulares, como os fatores ambientais favoráveis para a silvicultura, associada aos avanços obtidos pelo melhoramento genético e com a tecnologia de clonagem de espécies florestais. O melhoramento genético florestal, apesar de relativamente recente, tem proporcionado grandes avanços qualitativos e quantitativos da matéria-prima de origem florestal.

---

1 Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Fito-tecnia. CEP 97105-900, Camobi, Santa Maria, RS. Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas ([www.ufsm.br/mpvp](http://www.ufsm.br/mpvp)); [dilson.bisognin@ufsm.br](mailto:dilson.bisognin@ufsm.br); [khaygert@gmail.com](mailto:khaygert@gmail.com).

Em função das características genéticas das populações da maioria das espécies florestais como resultado da fecundação cruzada, o melhoramento genético é baseado principalmente em ciclos repetidos de seleção e recombinação. Entretanto, devido ao comportamento perene e assim ciclos longos de vida, estratégias mais versáteis têm sido utilizadas para aumentar o ganho genético de seleção a cada ano. Ciclos de recombinação entre genitores, seguidos da seleção clonal de indivíduos nas progênies é a estratégia básica do melhoramento genético com vistas na propagação vegetativa. Tal estratégia independe do modo de reprodução, podendo ser aplicada tanto em espécies alógamas quanto autógamas (RESENDE; BARBOSA, 2005).

A propagação vegetativa serve como uma ferramenta essencial, permitindo a fixação imediata de combinações favoráveis em qualquer etapa do programa de melhoramento, e também consiste na principal forma de produção massal de mudas de diversas espécies economicamente relevantes. Dentre as espécies florestais propagadas pelas diversas técnicas de propagação vegetativa, salienta-se o eucalipto, a seringueira e a erva-mate, além de várias espécies frutíferas e agrícolas (cacau, guaraná, acerola, laranja, batata, mandioca, entre outras).

Dentre as principais técnicas utilizadas para a produção de mudas de espécies florestais estão a enxertia, estaquia e miniestaquia, em que sua escolha depende do objetivo final da muda, da disponibilidade de propágulos, da espécie que se deseja propagar, entre outros fatores. Excetuando a enxertia, tanto a estaquia como a miniestaquia, dependem da formação de um sistema radicular adventício.

A formação do sistema radicular adventício consiste em um processo complexo e depende de fatores inerentes à planta selecionada, como o genótipo, as suas condições fisiológicas e das condições do ambiente, principalmente temperatura e umidade. Tais fatores devem ser considerados na delimitação das estratégias de produção de mudas, uma vez que a falha na propagação de genótipos superiores pode impedir a fixação de combinações favoráveis, da mesma forma que a simples propagação vegetativa não garante avanços em um programa de melhoramento genético.

Assim, diante da importância do melhoramento genético aliado às estratégias de propagação vegetativa para o avanço da atividade

florestal, este trabalho visa abordar um breve histórico e os aspectos gerais do melhoramento genético das espécies florestais, as principais técnicas para a produção de mudas por propagação vegetativa e os principais fatores que influenciam o enraizamento adventício.

### Melhoramento genético de espécies florestais

O melhoramento genético de plantas é a mais antiga e valiosa estratégia utilizada pelo ser humano para o aumento da produtividade e qualidade da matéria-prima (SANTOS, 2008). Considerado como a arte e a ciência de modificar geneticamente as plantas, o melhoramento envolve a aplicação das técnicas cientificamente testadas e comprovadas, assim como a competência e a sensibilidade do melhorista em selecionar os melhores genótipos em um grupo de plantas (BORÉM; MIRANDA, 2015).

Em plantas cultivadas, o melhoramento genético começou de forma inconsciente há cerca de 10.000 anos, concomitantemente ao processo de domesticação, em que os agricultores escolhiam as melhores plantas para a alimentação e guardavam as sementes para a próxima safra. Entretanto, não se sabe quando exatamente o homem começou a praticar o melhoramento genético de plantas, mas certamente, a seleção consciente e baseada em critérios previamente definidos deu uma nova dimensão ao processo de domesticação das plantas (MACHADO, 2014).

O melhoramento florestal é uma ciência relativamente recente, com visibilidade a partir da década de 50 por meio de estudos realizados principalmente com o *Pinus elliotti*, nos EUA, e *Acaciamearnsii*, na África do Sul (RESENDE, 2005). No Brasil, o primeiro programa de melhoramento genético foi iniciado em 1941 para espécies do gênero *Eucalyptus*, o qual foi considerado como um dos mais avançados da época e sendo responsável pelo suprimento de sementes de qualidade genética superior para plantios até a década de 1960. As áreas de produção de sementes correspondiam àquelas destinadas a coleta de sementes para a produção de mudas e estabelecimento de novos plantios (REMADE, 2007).

No final da década de 60, os primeiros pomares de sementes clonais de *Eucalyptus* e *Pinus* foram estabelecidos, resultando em sementes com

maior qualidade genética e em maior quantidade para suprir a crescente demanda gerada pelos programas de incentivos fiscais ao reflorestamento. A área anual com novos plantios na época dos incentivos fiscais (1966 a 1986) chegou até 400 mil hectares, o que correspondia a 800 milhões de mudas ou duas toneladas de sementes. Devido a essa grande demanda, as atividades relacionadas com a produção de sementes melhoradas foram priorizadas nas décadas de 70 e 80. No início da década de 70 foram instalados os primeiros testes de progênie e intensificados os trabalhos de introdução de *germoplasmae* os programas de seleção recorrente intrapopulacional (KAGEYAMA; VENCOVSKY, 1983).

A grande heterogeneidade dos plantios e a incidência de cancro basal, causado pelo fungo *Cryphonectriacubensis*, foram decisivas para o desenvolvimento da propagação vegetativa por estaquia em escala operacional, considerada hoje como referência mundial no controle de doenças desta espécie (ALFENAS et al., 2009; XAVIER et al., 2013). A propagação vegetativa foi inserida nos programas de melhoramento genético florestal na década de 70 e utilizada como método de controle de doenças, pela seleção e resgate de genótipos resistentes ao cancro, baseado no estudo realizado por Tomazzello (1976). Esse autor observou que havia alta resistência ao cancro a nível individual e que as árvores com casca do tipo lisa eram as mais resistentes, principalmente as plantas híbridas de *E. tereticornis*. Tais observações foram básicas para se estabelecer a estratégia de clonagem destes indivíduos superiores, pois o desenvolvimento de populações melhoradas a partir da reprodução sexuada seria totalmente inadequado. O resgate das plantas selecionadas foi baseado nos estudos realizados por Poggiani e Suiter (1974) sobre propagação clonal de *Eucalyptusa* partir de brotações de cepas e do enraizamento de estacas em casas de vegetação com nebulização.

Em 1979, a empresa Aracruz Florestal estabeleceu 1.000 ha da primeira floresta clonal no Brasil com o gênero *Eucalyptus*, a qual era resistente ao cancro basal, homogênea e apresentava ganhos em produtividade (FERREIRA, 1992). Segundo Ikemori (1990), em um ano a área de floresta clonal chegou a 15.000 ha. Além da resistência às doenças, os programas de melhoramento genético incluíram caracteres associados a produtividade e a qualidade da madeira, que, em combi-

nação com o aperfeiçoamento das técnicas de propagação vegetativa, possibilitou ganhos genéticos da ordem de 200% (REMADE, 2007).

A partir da década de 90 foram implementados programas intensivos de hibridização e, a partir de 2000, foram iniciados programas de seleção recorrente recíproca para híbridos interespecíficos e divergentes (ASSIS; RESENDE, 2011). Desde a confirmação da expressão do vigor híbrido entre espécies de *Eucalyptus*, associada à evolução das técnicas de clonagem, a produção e o desenvolvimento de clones baseados em híbridos interespecíficos foi adotado como uma estratégia básica de melhoramento genético (ASSIS, 1996, 2000, 2001; ASSIS et al., 1992; XAVIER; COMÉRIO, 1996; HIGASHI et al., 2000).

As espécies do gênero *Eucalyptus* foram foco dos estudos pioneiros e hoje representam a base da silvicultura brasileira, possuindo um dos mais avançados programas de melhoramento genético do mundo. Além das espécies do gênero *Eucalyptus*, muitas outras espécies, exóticas e nativas, possuem programas de melhoramento genético em diferentes níveis de avanço, como dos gêneros *Pinus*, *Acacia*, *Tectona*, *Schizolobium*, *Araucaria*, *Populus* e *Hevea* (ASSIS; RESENDE, 2011).

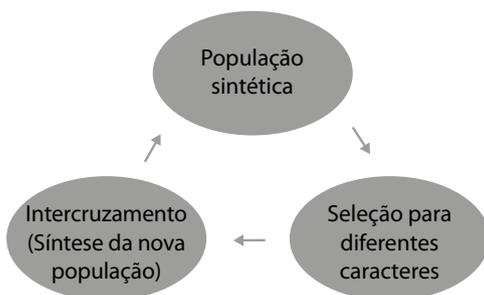
As altas produtividades observadas nas plantações florestais resultam da combinação de clones adaptados às condições de cultivo associado às técnicas de manejo da produção. Entretanto, o melhoramento florestal é uma ciência que apresenta particularidades e características específicas, em função do aspecto perene e da diversidade de sistemas reprodutivos das diferentes espécies florestais. Fatores como a sobreposição de gerações, o grande período necessário para completar um ciclo reprodutivo, a reprodução sexuada e assexuada, a expressão de caracteres ao longo de várias idades da planta, dentre outros, dificultam a execução de métodos clássicos de melhoramento genético (RESENDE, 2001).

Em espécies florestais, de modo geral, o esquema básico de melhoramento genético pode ser resumido em ciclos contínuos de seleção e recombinação genética, com vistas no aumento da frequência dos alelos favoráveis dos caracteres de interesse, em uma dada população (PIRES et al., 2011). A população alvo de melhoramento genético pode ser natural ou sintetizada a partir do intercruzamento entre indivíduos selecionados (Figura 1). Em geral, no melhoramento genético

são utilizadas populações sintéticas. Em espécies alógamas, como a maioria das espécies florestais, um cuidado importante é com o tamanho efetivo da população, para que os ganhos de seleção não sejam negativamente afetados pela endogamia. A seleção de plantas deve considerar caracteres associados a produtividade e qualidade da madeira, expressos em diferentes idades da planta. Alguns destes caracteres apresentam baixa herdabilidade, o que limita o ganho genético e requer estratégias específicas de seleção.

Uma estratégia importante de seleção é o teste de progênie, que deve ser adotado para caracteres de baixa herdabilidade. Plantas selecionadas também podem ser submetidas a testes clonais, visando o desenvolvimento de novos clones. Além disso, esquemas mais sofisticados de seleção podem ser adotados, como a seleção recorrente recíproca, que envolve o melhoramento simultâneo de duas populações. Independente da estratégia de seleção, para o sucesso de um programa de melhoramento, especialmente florestal, é essencial o conhecimento do germoplasma disponível, das técnicas de melhoramento, bem como dos fatores ambientais que afetam a manifestação dos caracteres em seleção (RESENDE, 2002). A partir do germoplasma disponível para o melhoramento genético, se define a população inicial que deve conter alta variabilidade genética (RESENDE, 2005) para todos os caracteres a serem selecionados, além de ser suficiente para o número de ciclos de seleção recorrente necessários para atingir os objetivos.

Figura 1 – Esquema básico do melhoramento genético de espécies florestais.



Em populações geneticamente variáveis, indivíduos com caracteres superiores são selecionados e favorecidos na reprodução, dei-

xando um maior número de descendentes. A seleção também pode ser entendida como a eliminação de determinados genótipos da população (RESENDE, 2005). Além da perpetuação dos genótipos superiores, a seleção visa a recombinação dos melhores genótipos, a qual é utilizada para formar novas populações de melhoramento. Sendo assim, recombinação refere-se à maneira pela qual as árvores selecionadas serão intercruzadas para sintetizar uma nova população, podendo variar desde polinização livre até diferentes delineamentos de cruzamento com diferentes custos e graus de complexidade, quantidade e qualidade das informações produzidas. Cruzamentos entre plantas perenes têm sido utilizados para a obtenção de características tecnológicas da madeira e da polpa, as quais apresentam herdabilidade de média a alta magnitude (DEMUNER; BERTOLUCCI, 1993).

Entretanto, o longo período para a obtenção de um ciclo de melhoramento com espécies perenes deprecia os ganhos genéticos, visto que este último varia de acordo com a quantidade de anos despendidos em cada ciclo completo de seleção, ou seja, até o intercruzamento dos melhores genótipos. Mesmo nas espécies de crescimento rápido, o tempo necessário para que a planta atinja a maturidade reprodutiva é muito superior ao ciclo de uma espécie anual. Assim, novas tecnologias têm sido utilizadas com vistas em antecipar o florescimento, como a hibridização controlada entre plantas em ambiente protegido. Nessa estratégia, as plantas são produzidas por enxertia, cultivadas em vasos e o florescimento é estimulado precocemente por meio de técnicas de poda e a utilização de reguladores de crescimento, como se fossem bonsais (IPEF, 2004).

A maneira mais rápida e mais prática de se obter ganhos genéticos é a seleção direta de um carácter de interesse. Nesse caso, os programas de melhoramento genético podem contemplar, além dos procedimentos sexuados (sementes), também os assexuados (propagação vegetativa), associados aos ciclos de seleção e recombinação. Ao passo, que a via sexuada visa aproveitar a natureza heterozigótica, imposta pela alogamia característica do processo de reprodução da maioria das espécies florestais, e a propagação vegetativa é usada no melhoramento genético para fixação dos genótipos superiores. A propagação vegetativa pode distribuir com maior rapidez e eficiência os resultados

dos programas de melhoramento genético, reduzindo os custos finais (MALAVASI, 1994). Assim, a propagação vegetativa possibilita capturar o componente aditivo e o não aditivo, resultando em maiores ganhos dentro de uma mesma geração de seleção, bem como obter maior uniformidade de crescimento, forma, qualidades tecnológicas e uma série de outras características desejáveis (ASSIS, 1996).

### **Propagação vegetativa em espécies florestais**

A propagação vegetativa consiste em um processo de produção de mudas, que utiliza partes ou órgãos de plantas selecionadas resultando em plantas completas geneticamente idênticas a que as originou (HARTMANN et al., 2011). A propagação vegetativa também pode ser referida como propagação somática e propagação clonal e se refere ao modo de produção de mudas (XAVIER et al., 2013). Cabe ressaltar que algumas plantas, principais anuais, desenvolveram mecanismos naturais de reprodução a partir de propágulos naturais, como é o caso da batata, utilizado tanto para a reprodução da espécie quanto para a produção de mudas. Estas plantas são comumente referidas como de reprodução assexuada.

Na propagação vegetativa, uma nova planta é produzida a partir de um propágulo por mitoses sucessivas. Assim, existem diversos tipos de propágulos como estacas, estruturas florais, segmentos vegetativos, raízes e diversas estruturas especializadas como gemas, calos, bulbos, e estolões. O uso de um propágulo em detrimento do outro vai depender dos objetivos em cada espécie, da disponibilidade de material vegetativo e da estrutura de propagação disponível. Além disso, existem espécies que apresentam forma de propagação preferencialmente ou exclusivamente vegetativa. Para estas espécies, a presença de propágulos vegetativos especializados como bulbos, tubérculos, entre outros (os quais são denominados propágulos naturais) favorecem a propagação vegetativa. Diferentemente, as espécies florestais, em sua grande maioria, apresentam forma principal e natural de reprodução via sementes, e, nesse caso, para a propagação vegetativa são utilizados propágulos artificiais, como estacas, brotos epicórmicos, entre outros.

O uso da propagação vegetativa se justifica por inúmeras vanta-

gens que resultam em mudas de alta qualidade genética e silvicultural e a custo acessível e competitivo. A propagação vegetativa possibilita o resgate de árvores matrizes selecionadas e a obtenção de indivíduos idênticos à planta doadora dos propágulos vegetativos, resultando em plantios com maior uniformidade em relação às características silviculturais e tecnológicas, facilitando assim os tratamentos culturais e o manejo da floresta e permitindo maior número de rotações economicamente viáveis. A propagação vegetativa também permite maior aproveitamento de combinações genéticas variadas (híbridos), pela identificação de híbridos que expressam alta heterose (vigor híbrido) para determinado caráter. Tais híbridos são então clonados e dessa forma ocorre a captura e fixação da variância total e de características de interesse em qualquer etapa de um programa de melhoramento genético (BISOGNIN, 2011).

A propagação vegetativa também facilita a produção de mudas de espécies que apresentam sementes recalcitrantes ao armazenamento ou com dormência, possibilita contornar problemas de doenças e obter clones adaptados às diferentes condições edafoclimáticas (BISOGNIN, 2011; XAVIER et al., 2013). As áreas de plantios clonais vêm sendo ampliadas graças à disponibilidade de clones selecionados para as mais diversas regiões e propósitos comerciais, aliado a um custo competitivo. Áreas de reflorestamento hoje são possíveis em locais até então não indicadas, dada a falta de material genético via seminal adaptado para atender tal propósito. Mas obviamente isso, não se deve somente a propagação vegetativa, e sim as estratégias de melhoramento genético associadas com a silvicultura clonal. Além dos benefícios associados a produção, a propagação vegetativa também facilita a conservação de germoplasma, limpeza clonal, produção de sementes sintéticas e de duplos haploides, hibridação pela fusão de protoplasto, captura de benefícios em qualquer fase do programa de melhoramento, propagação de híbridos estéreis e a produção de plantas transgênicas. Todas estas aplicações são possíveis e altamente eficientes devido aos avanços técnicos e científicos relativos às opções de técnicas de propagação vegetativa alcançados nos últimos anos.

## Técnicas de propagação vegetativa

No processo de desenvolvimento das técnicas de propagação vegetativa de plantas, o conhecimento científico aliado às tecnologias de produção foram importantes para alcançar os objetivos almejados na multiplicação e preservação de material genético selecionado (XAVIER et al., 2013). Para que a silvicultura clonal proporcione todos os ganhos potenciais da seleção clonal, é imprescindível a utilização de técnicas eficientes de propagação vegetativa. Salienta-se que a propagação vegetativa só será uma alternativa viável se não influencia adversamente o crescimento e o desenvolvimento da floresta.

Existem inúmeras técnicas de propagação vegetativa e a sua escolha depende do grupo de plantas que se deseja propagar, assim como, em função do objetivo final da planta. Enquanto que para produção massal de mudas de genótipos selecionados pode ser realizada por técnicas mais simples e economicamente viáveis, como a estaquia e miniestaquia, para a produção de mudas com manifestação precoce de florescimento e frutificação, técnicas como a enxertia são mais adequadas.

A enxertia como processo de propagação foi inicialmente utilizada no Brasil, adotando práticas hortícolas. Entretanto, esta técnica era considerada inapropriada para a silvicultura em virtude dos custos de propagação e do conhecimento da especificidade dos clones. Assim, a estaquia foi iniciada e desenvolvida principalmente para propagação de espécies do gênero *Eucalyptus*, proporcionando considerável conhecimento técnico e científico sobre o uso da propagação vegetativa para a produção de mudas (XAVIER; COMÉRIO, 1996; HIGASHI et al., 2000; TITON et al., 2003; WENDLING; XAVIER, 2005). Já para as espécies florestais nativas, a principal dificuldade ainda se encontra na carência de métodos que possibilite eficiente enraizamento adventício. Alguns estudos têm mostrado que a estaquia pode ser alternativa para a produção de mudas de espécies florestais nativas, tais como corticeira-do-banhado (*Erythrina crista-galli* L.), o pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), coração-de-bugre (*Maytenusevonymoides* Reissek) e chal-chal (*Allophyluspetiolulatus* Radlk.) (NEVES et al., 2006; GRATIERI-SOSSELLA et al., 2008; PARAJARA, 2015).

A estaquia é uma técnica que consiste em promover o enraizamento de partes da planta, podendo ser ramos, raízes, folhas e etc., e consis-

te em um importante instrumento em programas de melhoramento genético, considerando que a seleção de genótipos desejáveis ocorre na fase adulta (WENDLING; XAVIER, 2003). Entretanto, o uso dessa técnica na propagação vegetativa de espécies florestais tem sido limitado pelo baixo potencial de enraizamento de propágulos obtidos de árvores adultas (HARTMANN et al., 2011), além da baixa qualidade do sistema radicular formado nas estacas (ALFENAS et al., 2009).

Devido a seleção de clones superiores de *Eucalyptus* que apresentavam recalcitrância ao enraizamento adventício de estacas, foram aplicadas técnicas de cultura de tecidos. De maneira geral, estas técnicas são requeridas em determinada etapa dos programas de melhoramento, oferecendo novas alternativas e, muitas vezes, soluções únicas (FERREIRA et al., 1998). A micropropagação é a técnica mais utilizada da cultura de tecidos e, talvez, a de maior impacto (GOLLE et al., 2009). Possui ampla aplicação na multiplicação de plantas lenhosas como árvores-elite, permitindo a limpeza clonal, a multiplicação de plantas em larga escala e em curto espaço de tempo (OLIVEIRA et al., 2013). Plantas micropropagadas podem ser transferidas para sistema de cultivo sem solo e, após poda drástica da parte aérea, constituir as microcepas que serão fonte de microestacas para o enraizamento, técnica conhecida como microestaquia (ASSIS et al., 1992).

A microestaquia foi desenvolvida no Brasil no início da década de 90, com o intuito de maximizar as taxas de enraizamento de algumas espécies do gênero *Eucalyptus* (ASSIS et al., 1992). A microestaquia baseia-se no rejuvenescimento promovido pelo cultivo *in vitro*, pois a planta é trazida do estado maduro para o estado juvenil, favorecendo a capacidade de enraizamento dos propágulos quando se mantêm um rígido controle ambiental, sanitário e nutricional do microjardim clonal (XAVIER et al., 2013; TITON et al., 2003). Isso se deve ao fato de que, com o aumento da idade da planta, ocorre diminuição dos teores endógenos de hormônios e demais substâncias que auxiliam o enraizamento, ou ainda, o aumento de inibidores de enraizamento, tornando os propágulos dependentes do uso exógeno de fitoreguladores para a formação de raízes adventícias (HUSEN; PAL, 2006). Além do aumento das taxas de enraizamento, se comparada com a estaquia convencional, a microestaquia proporciona melhoria na qualidade do sistema

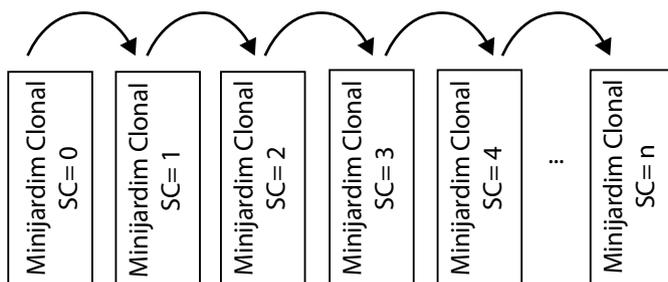
radicular (vigor, uniformidade, volume, etc.), redução no tempo de permanência das mudas no viveiro, aumento da taxa de crescimento e sobrevivência das mudas no campo e redução na operacionalização das atividades de plantio (XAVIER et al., 2013).

Ganhos em produtividade e enraizamento, aliados à independência de estruturas laboratoriais requeridos na micropropagação, podem ser obtidos pelo uso da miniestaquia. Nesse caso, mudas produzidas pela estaquia convencional ou por sementes são utilizadas para formar as minicepas, que serão fonte de miniestacas para o enraizamento *ex vitro* (ALFENAS et al., 2009). Assim como a microestaquia, a miniestaquia promove o resgate da juvenilidade do material vegetativo, o que é desejável na multiplicação de plantas por propagação vegetativa, já que o grau de maturação do material vegetativo é apontado como fator limitante no enraizamento de diversas espécies lenhosas (HARTMANN et al., 2011).

A miniestaquia foi desenvolvida com o intuito de reduzir os custos inerentes à produção massal de mudas de eucalipto por microestaquia, já que para a sua execução não é necessária a manutenção de estrutura laboratorial (ASSIS, 1996; ASSIS, 1997; XAVIER; COMÉRIO, 1996). Além disso, algumas espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam recalcitrância ao cultivo *in vitro*, o que torna a microestaquia inviável para a propagação clonal (XAVIER; WENDLING, 1998). Na miniestaquia, as plantas fornecedoras de propágulos são denominadas minicepas, as quais são produzidas por sementes ou pela estaquia convencional, sendo o conjunto de minicepas denominado minijardim clonal. A miniestaquia é uma técnica que pode suprir a necessidade do resgate da juvenilidade do material vegetativo, apontada por Hartmann et al. (2011) como limitante da capacidade de enraizamento gerada pelo processo de maturação. Na miniestaquia, o rejuvenescimento dos propágulos é obtido mediante coletas seriadas ou sucessivas de brotos apicais (ALFENAS et al., 2009). Assim, plantas adultas são submetidas a poda drástica, ao anelamento e até mesmo a decepa para estimular a produção de brotações epicórmicas. Essas brotações são coletadas e utilizadas para o preparo de estacas de diferentes tamanhos e número variável de gemas conforme a espécie, e colocadas em condições adequadas para o enraizamento. As mudas são então utilizadas para o estabelecimento de minijardim clonal (Figura 2). O minijardim clonal é

manejado para maximizar a produção de novas brotações que são utilizadas para o preparo de miniestacas, que igualmente são submetidas a condições adequadas de enraizamento adventício para a produção de novas mudas. As mudas produzidas são utilizadas para a formação de um novo minijardim clonal e assim sucessivamente, até que as plantas atinjam um nível satisfatório de rejuvenescimento e revigoração necessários para viabilizar a produção de mudas.

Figura 2 – Esquema básico adotado para o rejuvenescimento e revigoração de plantas adultas por miniestaquia seriada. SC = Número de subcultivos.



Os minijardins clonais merecem destaque especial, já que apresentam grande contribuição para a produção florestal e, nessa área, o Brasil ocupa nível de destaque mundial. Atualmente, a miniestaquia constitui-se no método mais utilizado pelas empresas florestais brasileiras para clonagem de *Eucalyptus*, em virtude da redução da área necessária e a facilidade de manejo dos minijardins clonais, da diminuição do período de enraizamento das miniestacas e, em muitos casos, sem a necessidade do uso de fitoreguladores (HIGASHI et al., 2000; XAVIER et al., 2003; BRONDANI et al., 2009).

Para espécies arbóreas nativas de importância econômica, a miniestaquia tem contribuído para a ampliação da base silvicultural (XAVIER; SANTOS, 2002), assim como o resgate de genótipos adultos de interesse (FERRIANI et al., 2010). Além disso, Ferrianiet al. (2010) mencionam que a miniestaquia pode ser adaptada à realidade de pequenos e médios proprietários rurais para produção de mudas destinadas ao estabelecimento de plantios com fins comerciais ou para utilização em processos de recuperação, gerando incremento de renda. Trabalhos têm mostrado que o enraizamento das miniestacas ocorre mesmo

sem o uso de fitorreguladores (XAVIER; SANTOS, 2002; CUNHA et al., 2008; XAVIER et al., 2003), o que possibilita a redução dos custos no processo de produção de mudas por propagação vegetativa.

A miniestaquia também tem sido apontada como alternativa viável para produção de mudas de cedro-rosa (*Cedrelafissilis*) (XAVIER; SANTOS, 2002; XAVIER et al., 2003), corticeira-do-mato (*Erythrinafalcata*) (CUNHA et al., 2008), guanandi (*Calophyllum brasiliense*) (CIRIELLO; MORI, 2015), mogno (*Swieteniamacrophylla*), jequitibá-rosa (*Carinia-naestrellensis*) (XAVIER; SANTOS; 2002), angico-vermelho (*Anadenantheramacrocarpa*), *Parapiptadenia rígida* (DIAS et al., 2012; XAVIER; SANTOS, 2002) e canjerana (*Cabralea canjerana*) (GIMENES et al., 2015). Estudos estão sendo realizados no Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas, Departamentos de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria para viabilizar técnica e economicamente a miniestaquia para a produção em massa de mudas de espécies florestais nativas, principalmente daquelas que apresentam algum empecilho para a produção de mudas seminais.

### Condicionantes do enraizamento adventício

O sucesso da propagação vegetativa das plantas por estaquia ou suas variações (miniestaquia e microestaquia) vai depender da formação do sistema radicular adventício, assim como da parte aérea. Além disso, esse novo sistema radicular deve apresentar boa conformação, pois plantas propagadas por estaquia podem ser mais propensas ao tombamento, uma vez que as raízes adventícias não penetram no solo tão profundamente comparado com as raízes pivotantes (ASSIS et al., 2004). Na propagação vegetativa, o sistema radicular formado nas estacas é denominado adventício, pois a raiz se desenvolve através do tecido adulto, não do tecido embrionário ou meristemático (HARTMANN et al., 2011), ou seja, essa raiz neoformada é originada em um local diferente daquele onde se forma no curso normal de desenvolvimento da planta.

A formação de raízes em estacas é um processo anatômico e fisiológico complexo, associado aos princípios de regeneração, o qual em plantas corresponde a formação de uma nova parte aérea, raiz ou embrião a partir de tecidos sem o respectivo meristema pré-existen-

te. Esse processo envolve a desdiferenciação e o redirecionamento do desenvolvimento de células vegetais totipotentes para a formação de meristemas, que darão origem as raízes adventícias (ALFENAS et al., 2009). O conhecimento do processo de enraizamento adventício e dos fatores que o condicionam em estacas é imprescindível para o maior domínio técnico e o sucesso na propagação vegetativa de plantas.

O enraizamento adventício é um processo altamente complexo e varia em função de uma série de fatores, como o genótipo, o tipo e a concentração de fitohormônios, o tipo de propágulo, a presença de compostos fenólicos e barreiras anatômicas nas estacas, as condições fisiológicas e nutricionais e a sanidade da planta matriz, além das condições ambientais de luminosidade, temperatura e umidade por ocasião do enraizamento, entre outros fatores. A seguir são discutidos os principais fatores que determinam o sucesso do enraizamento adventício.

### Genótipo

O processo de enraizamento de estacas varia de acordo com a espécie e a cultivar, sendo controlado geneticamente através da capacidade de algumas células sofrerem desdiferenciação, desde que as condições sejam satisfatórias para expressão gênica (HAISSIG, 1982). Estudos de expressão gênica e proteômica durante o enraizamento adventício indicam que a maioria dos genes indicados como regulares de enraizamento estão relacionados a auxina, uma vez que este tipo de hormônio é o mais diretamente envolvido com o processo e também o mais estudado atualmente (PACURAR et al., 2014).

Assim, a competência ao enraizamento adventício difere drasticamente entre as espécies florestais, que podem ser classificadas como de fácil enraizamento, espécies de respostas crescentes de enraizamento quando são oferecidas as condições ideais e espécies com respostas pequenas ou nenhuma aos estímulos para o enraizamento (HARTMANN et al., 2001). Espécies de fácil enraizamento são aquelas em que os tecidos possuem as substâncias mínimas necessárias, incluindo as auxinas, que são hormônios essenciais para a iniciação de raízes. Espécies de respostas crescentes de enraizamento quando são oferecidas as condições ideais são aquelas que possuem os cofa-

tores de enraizamento em quantidade suficiente, entretanto a auxina é limitante. Para estas espécies, a disponibilização de auxina exógena pode favorecer a formação de raízes adventícias. E por fim, as espécies com respostas pequenas ou nenhuma aos estímulos para enraizamento são aquelas em que não há atividade dos cofatores e, mesmo que a auxina natural seja abundante, a aplicação externa acarretará pouca ou nenhuma resposta (HARTMANN et al., 2011).

Estudos vêm sendo realizados com os objetivos de analisar o controle genético do enraizamento adventício e assim possibilitar a seleção de genótipos precocemente. Neste sentido, a análise genética do enraizamento adventício em *Eucalyptus cloeziana* indicou uma estimativa de herdabilidade individual no sentido amplo de moderada magnitude, tanto para o enraizamento adventício (0,217) quanto para a presença de calo (0,153) (OLIVEIRA et al., 2015). Esses resultados sustentam a possibilidade de ganhos moderados com a seleção para o enraizamento de miniestacas de clones de *E. cloeziana*. Além disso, a identificação de genótipos com maior competência ao enraizamento e do ponto ótimo de enraizamento permitem estabelecer a velocidade do processo e assim programar de forma mais eficiente a utilização da casa de vegetação e da câmara de enraizamento no processo de produção de mudas (XAVIER et al., 2013).

### Fitormônios e fitoreguladores

Dentre os inúmeros fatores que afetam o enraizamento adventício, os fitohormônios tem papel fundamental, pois além de desempenharem efeitos diretos, também medeiam respostas derivadas do efeito de outros fatores (ALMEIDA, 2015). Vários fitohormônios estão envolvidos no enraizamento adventício, porém, na maioria dos casos, o efeito positivo ou negativo no enraizamento depende da espécie, da origem das raízes e das condições de cultivo. Além das auxinas, o etileno, as citocininas, o ácido giberélico e o ácido abscísico também atuam no processo de enraizamento adventício.

As auxinas são os hormônios vegetais mais abundantes e fisiologicamente mais importantes das plantas superiores. Embora quase todos os tecidos vegetais tenham a capacidade de produzir baixos níveis de

ácido indolacético (auxina natural produzida pela planta), esta classe de fitohormônio é sintetizada principalmente em regiões de crescimento ativo, como meristema apical, gemas axilares, folhas jovens, frutos e sementes em desenvolvimento, sendo translocados para os diferentes órgãos de acordo com o transporte polar basípeto (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As auxinas apresentam diversas funções, dentre as quais de destacam o alongamento celular e crescimento de caules e coleóptilos eo tropismo vegetal. Além disso, as auxinas regulam a dominância apicale o desenvolvimento de gemas florais e frutos eretardam o início da abscisão foliar (TAIZ; ZEIGER, 2013). Também induzem a diferenciação vascular, efeito que apresentam grande importância na propagação vegetativa, pois as raízes adventícias formadas devem exibir confecção entre os vasos do explante. Esse efeito também é explorado na técnica de enxertia, por meio de borbulhas. As borbulhas nada mais são do que gemas centros de síntese de auxina, e que quando enxertadas em um grupo de células não diferenciado ou calo, ocorre à diferenciação em xilema ou floema (TAIZ; ZEIGER, 2013). Ao passo que altas concentrações de auxina inibem o crescimento das raízes, esta mesma condição favorece a indução de raízes adventícias e **raízes laterais**. Sendo assim, as diferentes fases do enraizamento adventício possuem requerimentos hormonais distintos ou até mesmo contrários.

Nesse sentido, acredita-se que em espécies de difícil enraizamento, a deficiência esteja relacionada aos baixos níveis de auxina endógena e, para contornar tal problema, utiliza-se a aplicação de auxina (FERREIRA et al., 2009). Segundo Zietemann e Roberto (2007), no processo de enraizamento é usual a aplicação de ácido indolbutírico, pois tem sido observado seu efeito benéfico sobre a propagação vegetativa em diversas culturas e para as diversas finalidades, principalmente com relação ao aumento da porcentagem de enraizamento e a quantidade de raízes formadas. As auxinas compõem o grupo de fitoreguladores comumente utilizado no enraizamento *in vitro* e *ex vitro* de espécies lenhosas, destacando-se o ácido indolacético, o ácido indolbutírico e o ácido 4-cloro indolacético (HARTMANN et al., 2011).

## Idade da planta matriz

Espécies arbóreas apresentam ciclo de vida longo, durante o qual a planta passa por distintos estádios de desenvolvimento, que vão desde a germinação até a senescência (FORTANIER; JONKERS, 1976). Tal processo corresponde à idade ontogenética (ou maturação), quando são observadas diversas mudanças em tamanho, morfologia e capacidade reprodutiva, as quais são estáveis, reversíveis e variam de espécie para espécie. Entretanto, algumas dessas alterações, como o enraizamento, a floração e a capacidade de ramificação são bastante evidentes durante o desenvolvimento das plantas e não possuem a mesma capacidade de reversão (WENDLING et al., 2014).

Em função de a maturação ser localizada no meristema, as árvores podem possuir meristemas com diferentes níveis de desenvolvimento que resulta em um gradiente de maturação ao longo do tronco, denominado de cone da juvenilidade (WENDLING et al., 2014). Os meristemas apicais são mais maduros em relação a região próxima à base da planta (GREENWOOD; HUTCHINSON, 1993). Isso se deve ao fato de muitos meristemas basais terem sua formação no início da vida da árvore mantendo algumas características associadas com a juvenilidade, ao passo que os apicais são mais recentes (HARTMANN et al., 2011). Assim, propágulos oriundos da porção mais basal da planta apresentam maior probabilidade de formarem raízes adventícias se comparadas àquelas retiradas de porções apicais. Os brotos juvenis perto da base da árvore possuem maior capacidade de enraizamento adventício e vigor de enraizamento, porque a capacidade de enraizamento é fortemente influenciada pela posição da coroa (topófise) e pela idade da planta (ciclófise) (WENDLING et al., 2014).

Uma das expressões mais consistentes de maturação em plantas lenhosas é o reduzido potencial de regeneração, incluindo a redução da capacidade de enraizamento e o baixo vigor das estacas. Assim, a maturação da planta resulta em perda da competência de enraizamento e consistem em um fator limitante na propagação clonal de espécies lenhosas (XAVIER et al., 2013). Sendo assim, o conhecimento do gradiente de juvenilidade em plantas lenhosas é de grande importância em um processo de propagação clonal, uma vez que a origem dos propágulos vegetativos utilizados possui efeito marcante na produção

de mudas e no comportamento da nova planta. Isso se deve ao fato dos propágulos vegetativos de diferentes posições da planta reter os níveis específicos de juvenilidade ou maturidade quando são retirados da planta e propagados vegetativamente (WENDLING et al., 2014).

### Fatores externos

Além dos fatores inerentes a planta, a capacidade dos tecidos para a formação de raízes também depende de vários fatores externos e de suas interações. Os fatores externos afetam a propagação vegetativa e devem ser conhecidos e considerados na definição das estratégias de produção de mudas, como o substrato, a umidade e a temperatura nos ambientes de propagação, entre outros.

A escolha do substrato ideal utilizado para o enraizamento das estacas deve ser considerada, pois, além de atuar como suporte para a estaca durante o processo de enraizamento, também deve proporcionar aeração adequada ao desenvolvimento das raízes, bem como deve proporcionar condições adequadas de umidade e nutrição para o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular (FACHINELLO et al., 2005). Apesar de não existir uma composição ideal para todas as espécies, o substrato deve apresentar satisfatórias características físicas e químicas, considerando que as propriedades físicas de um substrato são relativamente mais importantes que as químicas, já que sua composição não pode ser facilmente modificada no viveiro (MILNER, 2002).

A granulometria, porosidade e curva de retenção de água são algumas das características físicas de maior importância (ZANETTI et al., 2003) e as principais características químicas são o pH, a capacidade de troca de cátions e a salinidade (KAMPF, 2000). Diversos substratos têm sido utilizados para a produção de mudas de espécies lenhosas, entre os quais se destacam a fibra de coco, a vermiculita, a areia, a casca de arroz carbonizada e o substrato comercial, sendo frequentemente utilizados em misturas de mais de um componente, visando obter as características que favoreçam o desenvolvimento da planta (OLIVEIRA et al., 2013).

Além do substrato, as condições ambientais exercem grande influência, podendo ser restritivas ao processo de enraizamento adventício

dos propágulos, especialmente a temperatura e a umidade relativa do ar no ambiente de propagação. Para a manutenção de condições ambientais ótimas para a propagação vegetativa, faz-se necessário da disponibilidade de algumas estruturas físicas como casa de vegetação climatizadas e câmaras úmidas. Xavier et al. (2013) recomenda temperaturas entre 15 e 35°C para o enraizamento adventício, enquanto Bertoloti e Gonçalves (1980) sugerem que a faixa ideal é entre 25 e 30°C. Temperaturas muito elevadas não devem ser utilizadas, pois ocorre a formação de parte aérea antes do sistema radicular, o que pode levar ao consumo excessivo de reservas pela maior taxa de transpiração e perda de água pelas folhas. Enquanto temperaturas elevadas comprometem a sobrevivência, temperaturas muito baixas diminuem o metabolismo das estacas, levando a um maior tempo ou até mesmo prejudicando o enraizamento adventício (XAVIER et al., 2013).

Os ambientes de propagação também devem proporcionar condições de turgidez ao propágulo até que se forme o novo sistema radicular capaz de absorver água. Nesse sentido, elevada umidade relativa do ar ao redor das estacas proporcionam a manutenção do status hídrico. Deve ser salientado que a umidade em excesso pode prejudicar as trocas gasosas, propiciar o desenvolvimento de doenças, interferir negativamente no processo de enraizamento e causar a morte das estacas (XAVIER et al., 2013).

## Referências citadas

ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa: Ed UFV, 2009.

ALMEIDA, M. R. **Bases moleculares da recalcitrância ao enraizamento adventício em *Eucalyptus globulus* Labill**. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Molecular) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

ASSIS, T. F. et al. Propagação por miniestaquia. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p. 824-836, 1992.

ASSIS, T. F.; FETT-NETO, A. G.; ALFENAS, A. C. Current techniques and projects for the clonal propagation of hardwoods: emphasis on *Eucalyptus*. In: WAL-

TER, C.; CARSON, M. (Ed.). Plantation Forestry for the 21<sup>st</sup> Century. **Research SignPost**, New Delhi, India, p. 303-333, 2004.

ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, v. 18, p. 32-51, 1996.

ASSIS, T. F. Production and use of *Eucalyptus* hybrids for industrial purposes. In: DUNGEY, H.S.; DIETERS, M. J.; NIKLES, D. G. (Ed.). **Hybrid breeding and genetics of forest trees**: QFRI/CRC-SPF Symposium. Department of Primary Industries, Noosa, p. 63-74, 2000.

ASSIS, T. F. Melhoramento para produtividade e qualidade de celulose de fibra curta. In: RESENDE, M. D. V. (Ed.). **Workshop sobre melhoramento de espécies florestais e palmáceas no Brasil**. Curitiba: Embrapa Florestas, 2001. p. 193-214.

ASSIS, T. F.; RESENDE, M. D. V. Genetic improvement of forest tree species. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, p. 44-49, 2011.

BERTOLOTI, G.; GONCALVES, A. N. Enraizamento de estacas: especificações técnicas para construção do modulo de propagação. **IPEF**. Circular Técnica, Piracicaba, n. 94, p. 1-7, 1980.

BISOGNIN, D. A. Breeding vegetatively propagated horticultural crops. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, p. 35-43, 2011.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 6. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2015.

BRONDANI, G. E. et al. **Propagação vegetativa de *E. benthamii* x *E. dunnii* por miniestaquia**. Dados eletrônicos. Colombo: Embrapa Florestas, 2009.

CIRIELLO, E.; MORI, E. S. Rooting of guanandi (*Calophyllum brasiliense* Camb.) cuttings using indole-butyric acid. **Cerne**, v. 21 n. 4, p. 641-648, 2015.

CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. **Ciência Florestal**, v. 18, n.1, p. 85-92, 2008.

DEMUNER, B.J.; BERTOLUCCI, F. L. G. Seleção florestal: uma nova abordagem a partir de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características de madeira e polpa de eucalipto. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL DA ABTCP, 26., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABTCP, p. 422-423. 1993.

DIAS, P. C. et al. Propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de anigo-vermelho (*Anadenantheramacrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 389-399, 2012.

FACHINELLO, J. C. et al. Propagação vegetativa por estaquia. In: FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, p. 69-109, 2005.

FAO. **Global Forest Resources Assessment**. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em: 15 mar. 2016.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introduccional uso de marcadores moleculares em elanalisís genético**. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1998.

FERREIRA, B. G. A. et al. Metodologias de aplicação de AIB no enraizamento de estacas semilenhosas de *Sapiumglandulatum* (Vell.) Pax. **Revista Brasileira de Plantas Medicináis**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 196-201, 2009.

FERREIRA, M. **Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal**. IPEF, n. 45, p. 22-30, 1992.

FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agro@ambiente Online**, v. 4, n. 2, p. 102-109, 2010.

FORTANIER, E. J.; JONKERS, H. Juvenility and maturation of plants as influenced by their ontogenitícal and physiological ageing. **Acta Horticulturae**, Belgium, v. 56, p. 37-44, 1976.

GIMENES, E. S.; KIELSE, P.; LENCINA, K. H.; et al. Propagation of *Cabraleacanjera* by mini-cutting. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 7, n. 1, p. 8-15, 2015.

GOLLE, D., P. et al. Melhoramento florestal: ênfase na aplicação da biotecnologia. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1606-1613, 2009.

GRATIERI-SOSSELA, A. PETRY, C.; NIENOW, A. A. Propagação da corticeira do banhado (*Erythrina crista-galli* L.) (Fabaceae) pelo processo de estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.1, p.163-171, 2008.

GREENWOOD, M. S.; HUTCHINSON, K. W. maturation as an developmental process. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. **Clonal forestry: genetics and biotechnology**. Berlin: Springer-Verlag, p. 14-33, 1993.

HAISSIG, B. E. Carbohydrate and amino acid concentrations during adventi-

tious root primordium development in *Pinusbanksiana* (Lam.) cuttings. **Forest Science**, Bethesda, v. 28, n. 4, p. 813-821, 1982.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. Prentice-Hall, 2011.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de *Eucalyptus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p. 191- 217,2000.

HUSEN, A.; PAL, M. Variation in shoot anatomy and rooting behaviour of stem cutting in relation to age of donor plants in teak (*Tectonagrandis* Linn., F.). **New Forest**, New York, n. 31, p. 57-73, 2006.

IBÁ. **Indústria brasileira da árvore**. Disponível em: <www.iba.org>. Acesso em: 29 maio 2016.

IKEMORI, Y. K. Genetic variation in characteristics of *Eucalyptus grandis* raised from micro-propagation and seed. **Oxford**, 1990. 123p. (Tese-Doutoramento-OFI).

IPEF. **Pesquisa florestal desenvolve bonsais de eucalipto**. Instituto de pesquisas e estudos florestais. Piracicaba, 12p. 2004.

KAGEYAMA, P. Y.; VENCOVSKY, R. Variação genética em progênieis de uma população de *Eucalyptusgrandis* Hill Maiden. **IPEF**, v. 24, p. 9-26. 1983.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

MACHADO, A. T. Construção histórica do melhoramento genético de plantas: do convencional ao participativo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 1, p. 35-50, 2014.

MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas – perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 131-135, 1994.

MILNER, L. Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos. In: FURLANI, A. M. C. et al. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, p. 45-51, 2002.

NEVES, T. S. et al. Enraizamento de corticeira-da-serra em função do tipo de estaca e variações sazonais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 12, p. 1699-1705, 2006.

OLIVEIRA, L. S.; DIAS, P. C.; ALMEIDA, M. de. Avaliação genética do enraizamento de miniestacas de uma procedência de *Eucalyptus cloeziana*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 84, p. 391-397, 2015.

OLIVEIRA, L. S.; DIAS, P. C.; BRONDANI, G. E. Micropropagação de espécies florestais brasileiras. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 76, p. 439-453, 2013.

PACURAR, D. I., PERRONE, I., BELLINI, C. Auxin is a central player in the hormone cross-talk that control adventitious rooting. **Physiology Plant**, v. 151, p. 83-96.

PARAJARA, F. C. **Propagação vegetativa e desenvolvimento de mudas de espécies nativas por estaquia de ramos herbáceos**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2015.

PIRES, I. E. et al. **Genética florestal**. Viçosa: Arka, 2011.

POGGIANI, F.; SUITER, W. Importância da nebulização intermitente e efeito do tratamento hormonal na formação de raízes em estacas de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, n. 9, p. 119-129, 1974.

REMADE. **Revista da madeira**. Ed. 101. 2007. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=1022&subject=Produtividade&title=T%E9cnicas%20de%20melhoramento%20aumentam%20produtividade](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1022&subject=Produtividade&title=T%E9cnicas%20de%20melhoramento%20aumentam%20produtividade)>. Acesso em: 27 jun. 2016.

RESENDE, M. D. V. Melhoramento de espécies perenes. In: NASS, L. L. et al. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento - plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, p. 357-421. 2001.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

RESENDE, M. D. V.; BARBOSA, M. H. P. **Melhoramento genético de plantas de propagação assexuada**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005.

SANTOS, A. M. **Estimativas de parâmetros genéticos e avaliação da eficiência da seleção precoce em baru (*Dipteryx alata* Vog.)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SFB. Serviço Florestal Brasileiro. **Florestas do Brasil em Resumo - 2013: dados de 2007-2012**. / Serviço Florestal Brasileiro. – Brasília: SFB, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TITON, M. et al. Eficiência das minicepas e microcepas na produção de propágulos de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 619-625. 2003.

TOMAZELLO, M. **Estudos sobre o cancro causado por *Diaporthe cubensis*: etiologia e resistência em *Eucalyptus***. Dissertação (Mestrado-ESALQ), Piracicaba, 1976.

WENDLING, I. et al. Maturation and related aspects in clonal forestry. Part I: concepts, regulation and consequences of phase change. **New Forests**, v. 45, p. 449-471, 2014.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Miniestaquia seriada no rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 4, p. 475-480, 2003.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 29, n. 6, p. 921-930, 2005.

XAVIER, A. et al. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 139-143, 2003.

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

XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 20, p. 9-16. 1996.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A. Clonagem de espécies florestais nativas. In: ROCHA, M. G. B. **Melhoramento de espécies arbóreas nativas**. Minas Gerais: Instituto Estadual de Florestas, 2002.

XAVIER, A., WENDLING, I. Miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus*. **Informativo Técnico SIF**, Viçosa, v. 11, 1998.

ZANETTI, M. et al. Características físicas de substratos para a produção de mudas cítricas sob telado. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 2, p. 519-530, 2003.

ZIETEMANN; C.; ROBERTO, S. R. Efeito de diferentes substratos e épocas de coleta no enraizamento de estacas herbáceas de goiabeira, cvs. Paluma e Século XXI. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 31-36, 2007.