

GRADIENTE DE MATURAÇÃO E REJUVENESCIMENTO APLICADO EM ESPÉCIES FLORESTAIS

**Ivar Wendling¹
Aloisio Xavier¹**

RESUMO

A maioria das plantas arbóreas sofre mudanças morfológicas, fisiológicas e bioquímicas durante a transição da fase juvenil para a adulta, principalmente, com relação ao potencial de clonagem, vigor de crescimento e resistência a doenças. A carência de estudos científicos sobre o tema em nível de plantas lenhosas, principalmente em termos de espécies florestais tropicais, tem dificultado os avanços da propagação vegetativa na silvicultura clonal intensiva. No presente trabalho, os principais conceitos sobre a aplicabilidade da juvenilidade, maturação e do rejuvenescimento de plantas, com enfoque especial em espécies florestais são descritos e discutidos.

Palavras-chaves: Espécies florestais, juvenilidade, rejuvenescimento

ABSTRACT

MATURATION GRADIENT AND REJUVENATION APPLIED TO FORESTRY SPECIES

Most of the woody plants suffer morphologic, physiologic and biochemistries changes during the transition of the juvenile to the adult phase, mainly, with relationship to the vegetative propagation potential, growth vigor and resistance to diseases. The deficiency of scientific studies on the theme at the level of woody species, mainly in terms of tropical forest species, has been hindering the progresses in the vegetative propagation in the intensive clonal forestry. In function of this, the present work aimed to revise the principal concepts and discuss the applicability of the juvenility, maturation and rejuvenation of plants, with special focus in forest species.

Key words: Forestry species, juvenility, rejuvenation

INTRODUÇÃO

A maturação em plantas lenhosas é um assunto de extrema importância em vista, principalmente, das variações na capacidade de propagação vegetativa,

nas taxas e formas de crescimento, na qualidade e rapidez na formação de raízes, das mudanças nas características de crescimento, morfologia foliar e, também, a mudanças fisiológicas e bioquímicas, com a transição para o estado maduro. Para a

¹ DEF, Universidade Federal de Viçosa

propagação vegetativa e outras fases da silvicultura, torna-se muito importante a identificação de quais indivíduos ou órgãos e tecidos se apresentam juvenis ou podem ser rejuvenescidos.

A regulação da maturação em plantas é um processo ainda não-elucidado, devendo-se ressaltar que em espécies florestais, em particular, há uma carência ainda maior de informação descritiva a este respeito e informações contraditórias existem atualmente (HACKETT, 1987a).

O entendimento da troca da fase juvenil para a adulta irá incrementar as perspectivas de sucesso na clonagem de árvores adultas, resultando em maior eficiência no processo de seleção, melhoramento e clonagem e, conseqüentemente, em uma silvicultura clonal intensiva mais eficiente.

Fundamentos da maturação e juvenilidade de plantas

A grande variedade de termos usados para o fenômeno da maturação reflete o estado de confusão a respeito das bases de seu desenvolvimento. Em virtude de ser uma área da ciência relativamente recente com espécies tropicais, torna-se necessário definir alguns conceitos, segundo Fortanier e Jonken citados por BONGA e VON ADERKAS (1983):

- **Fase juvenil:** A planta ou parte dela apresenta dominância de características juvenis em relação às maduras;
- **Fase adulta:** A planta ou parte dela apresenta dominância de características maduras em relação às juvenis;
- **Idade ontogenética:** Refere-se à passagem da planta por sucessivas fases de desenvolvimento (embriogênese, germinação, crescimento vegetativo e sexual, senescência);
- **Idade cronológica:** Refere-se ao tempo decorrido desde a germinação da semente até a data da observação;
- **Idade fisiológica:** Refere-se aos aspectos negativos da idade, tais como a perda de vigor, o aumento da susceptibilidade às condições adversas ou a deterioração em geral;

- **Rejuvenescimento:** Consiste em lançar mão de alguns tratamentos ou técnicas que visem trazer a planta de um estado maduro para um estado juvenil.
- **Revigoração:** Refere-se a aplicação de práticas (adubação, irrigação, sombreamento, podas, controle de pragas e doenças etc.) que visem retornar a planta a um estado de alto vigor fisiológico.

Juvenilidade e maturação

O ciclo de vida de muitas plantas se relaciona às fases juvenil e adulta, nas quais as características anatômicas, fisiológicas e bioquímicas são distintas. Após a germinação, a planta inicia uma fase de crescimento vegetativo vigoroso, durante a qual, a iniciação floral e a floração não podem ser induzidas, mesmo que as condições externas sejam favoráveis (SALISBURY e ROSS, 1978).

Segundo HUANG et al. (1990), a maturação freqüentemente é confundida com idade (cronológica), embora a maturação seja reversível e a idade provavelmente não. Enquanto que com o avanço da idade, a planta ou o órgão tendem à senescência e morte, o meristema apical maduro de plantas pode ter sua juvenilidade restaurada, ou seja, o rejuvenescimento. Segundo HACKETT e MURRAY (1993), as características de maturação se arquivam em função da sua relativa estabilidade e são transmitidas por meio das divisões celulares de uma geração somática para a próxima.

Em algumas plantas, especialmente lenhosas, há um gradiente de juvenilidade em direção à base da árvore (ZOBEL e TALBERT, 1984; ELDRIDGE et al., 1994), sendo este variável entre espécies (HACKETT, 1987a), o que promove um aumento da maturação em função da maior proximidade com o meristema apical (Figura 1) (GREENWOOD e HUTCHISON, 1993). Segundo HARTMANN et al. (1997), a maior juvenilidade da região basal das plantas se deve ao fato de que os meristemas mais próximos da base formaram-se em épocas mais próximas à germinação que o das regiões terminais.

Algumas características, que estão associadas com a juvenilidade, são mantidas nas porções basais de plantas maduras de muitas espécies (HACKETT, 1987a). Similarmente, brotações laterais mais distantes do ramo ou caule central apresentam menores graus de juvenilidade do que aqueles mais próximos (HUANG et al., 1990). Estes resultados evidenciam a hipótese de que a maturação tem uma base celular (HARTMANN et al., 1997) e o estado de maturação é função de divisões celulares cumulativas (GREENWOOD e HUTCHISON, 1993).

Conseqüências da troca de fase em espécies arbóreas

Com a passagem da fase juvenil para a adulta de uma planta, muitas mudanças ocorrem, sendo as principais relacionadas ao hábito de crescimento, a forma e retenção das folhas, a presença de espinhos, a pigmentação, a anatomia foliar e caulinar, a capacidade de enraizamento e ao vigor de crescimento.

Hábito de crescimento

Os hábitos de crescimento (plagiotropia e ortotropia) de plantas arbóreas podem variar em função da juvenilidade/maturidade dos propágulos que deram origem a estas plantas.

Segundo dados experimentais de GREENWOOD e HUTCHISON (1993), árvores originadas por enxertia ou enraizamento de estacas de propágulos juvenis de *Tsu-gar canadensis* e *Pinus taeda* tendem a exibir maior número de brotações por unidade de área, o que também está de acordo com os resultados de PARKER et al. (1998) e uma maior tendência ao crescimento ortotrópico do que aqueles de propágulos maduros. Na Figura 2, fica visível o crescimento plagiotrópico, menor diâmetro e menor número de brotações do propágulo maduro em comparação ao juvenil.

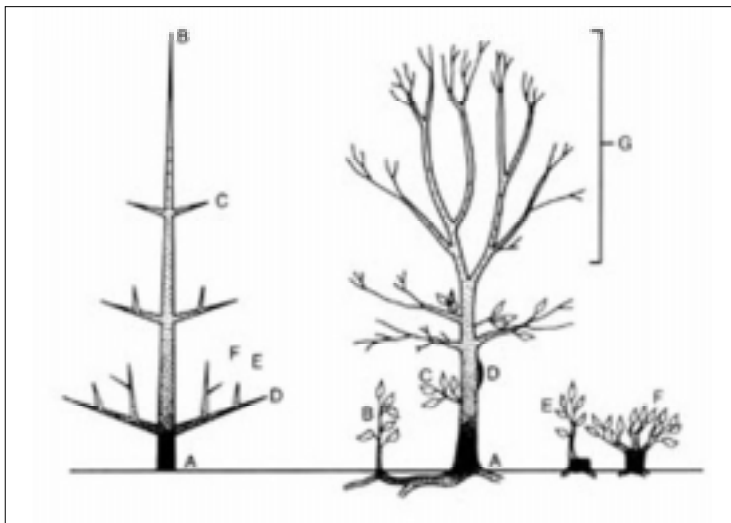


Figura 1. Gradiente de juvenilidade em planta oriunda por semente. Esquerda: conífera representando o gradiente de juvenilidade: A>F>E>D>C>B, decorrente das diferenças da idade ontogenética. Direita: folhosa representando as estruturas juvenis (A, B, C, D, E e F) e as partes maduras correspondentes a parte apical (G). HARTMANN et al., (1997).

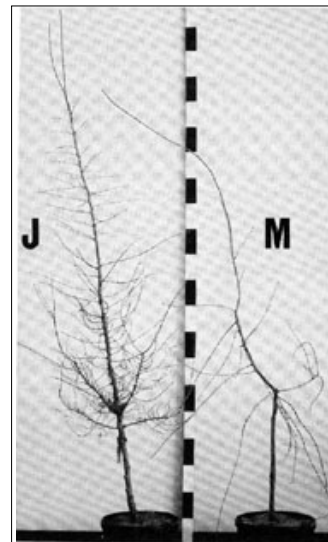


Figura 2. Aspectos do crescimento de mudas de *Pinus taeda* originadas vegetativamente de propágulos com 1 ano (J) e 25 anos (M) de idade, respectivamente. GREENWOOD e HUTCHISON(1993).

Anatomia foliar e caulinar

Segundo FOUUDA (1996), folhas de ramos juvenis apresentam forma mais cônica, a epiderme recoberta por uma fina camada de cutícula com alta densidade estomatal, mesofilo espesso com ductos de resina menores e em menor concentração do que em folhas adultas; ramos juvenis apresentam córtex, floema, zona cambial, medula e raios do xilema e floema mais espessos do que aqueles adultos.

Em *Eucalyptus*, por exemplo, na fase juvenil as folhas são largas, extensas e sem pecíolo, já na fase adulta as folhas são alongadas e apresentam um pecíolo distinto (Figura 3).

Capacidade de enraizamento e vigor radicular

Uma das mais consistentes expressões da maturação em plantas lenhosas tem sido a transição da alta para a baixa capacidade de enraizamento de estacas caulinares e foliares (HACKETT, 1987a, ELDRIDGE et al., 1994). Para algumas espécies lenhosas, estacas de mudas juvenis, provenientes de sementes, enraízam facilmente, enquanto outras, provenientes de plantas mais velhas enraízam esporadicamente, ou definitivamente não enraízam (ZOBEL e TALBERT, 1984). No Quadro 1, pode ser visualizado o efeito do local de coleta dos propágulos sobre o percentual de enraizamento em *Pinus* e *Eucalyptus*.

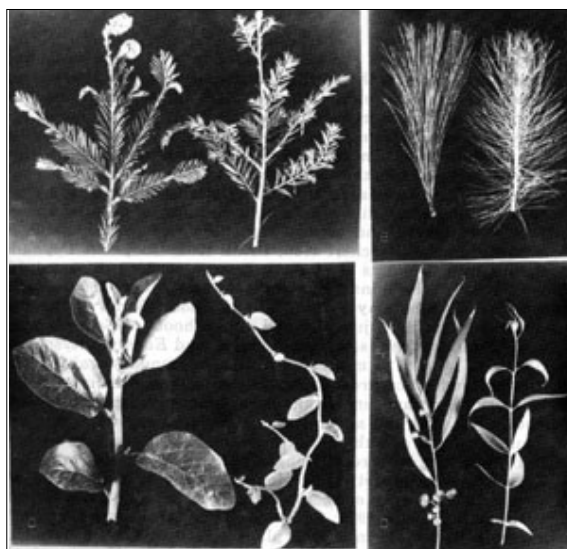


Figura 3. Diferenças entre características de brotações na fase juvenil e adulta de algumas plantas lenhosas. A = *Sequoia sempervirens*; B = *Pinus canariensis*; C = *Ficus pumila* e D = *Eucalyptus* spp. Brotações adultas na esquerda e juvenis na direita, respectivamente. HUANG et al. (1990).

Espécie	Capacidade de enraizamento
<i>Eucalyptus. viminalis</i>	Perda completa do enraizamento após o 4 ^o nó
<i>Eucalyptus pauciflora</i>	
<i>Eucalyptus grandis</i>	Perda completa do enraizamento após o 15 ^o nó
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	40-50% de enraizamento no 100 ^o nó
<i>Eucalyptus deglupta</i>	100% de enraizamento acima do 100 ^o nó
<i>Eucalyptus robusta</i>	Raízes aéreas acima do 100 ^o nó
<i>Pinus radiata</i>	Propágulos 1 e 2 anos: 93% de enraizamento
	Propágulos 3 anos: 54% de enraizamento
	Propágulos 4 anos: 61% de enraizamento
	Propágulos 17 anos: 8% de enraizamento
<i>Pinus sylvestris</i>	Propágulos 1 ano: 88% de enraizamento
	Propágulos 2 anos: 68% de enraizamento
	Propágulos 3 anos: 11% de enraizamento
<i>Pinus taeda</i>	Propágulos 1 ano: 88% de enraizamento
	Propágulos 2 anos: 68% de enraizamento
	Propágulos 3 anos: 11% de enraizamento
<i>Pinus strobus</i>	Propágulos 1 ano: 88% de enraizamento
	Propágulos 2 anos: 68% de enraizamento
	Propágulos 3 anos: 11% de enraizamento

IRITANI e SOARES (1983); HACKETT (1987a); GOMES (1987).

Quadro 1. Variação da capacidade de enraizamento para algumas espécies de *Pinus* e *Eucalyptus* em função do local de coleta dos propágulos.

O uso de material com maior grau de juvenilidade, por meio do processo de microestaquia, apresenta maior velocidade e facilidade no enraizamento e na formação das mudas de microestacas, comparativamente ao processo de estaquia convencional, apresentando ainda, conseqüentemente, aumento no índice de aproveitamento final das mudas (XAVIER e COMÉRIO, 1996).

Além do aumento dos percentuais de enraizamento, a maior qualidade, a maior rapidez de formação e o maior vigor radicular em função da maior juvenilidade dos propágulos também tem sido citada (GOMES, 1987; SCHNECK, 1996).

Diâmetro e altura

Poucos são os dados de literatura disponíveis para tentar compreender a influência do grau de maturação no crescimento em diâmetro e altura das plantas.

A redução na capacidade de crescimento em diâmetro e altura com o aumento da maturação pode ser facilmente demonstrada pelo enraizamento de estacas ou pela enxertia de enxertos oriundos de árvores de diferentes idades. Enxertos e estacas juvenis não somente produzem maior crescimento do caule, mas também, maior quantidade de folhas e biomassa. Uma vez que a capacidade de enraizamento decresce com o aumento da maturação, menores crescimentos em altura e diâmetro podem ser função de um menos vigoroso sistema radicular em propágulos mais maduros (GREENWOOD e HUTCHISON, 1993).

O estado juvenil possibilita o maior crescimento vegetativo da planta e a produção de grande superfície foliar, necessária e importante para a captação de energia solar indispensável à fotossíntese, facilitando a absorção de água e íons do solo (BOLIANI, 1986).

Alguns autores sustentam que o reduzido crescimento em diâmetro e altura em árvores mais velhas é devido ao aumento da complexidade e

tamanho da árvore, isto é, a idade e não a maturação (Zimmermann et al. citados por GREENWOOD e HUTCHISON, 1993). Mas, segundo GREENWOOD e HUTCHISON (1993), o fato de enxertos de mesmo tamanho inicial, de árvores com diferentes idades, apresentarem taxas de crescimento diferenciadas, indica que o decréscimo do potencial de crescimento é também relacionado às características de maturação.

Maturação e competência reprodutiva

A competência reprodutiva, definida como a habilidade da planta para formar estruturas reprodutivas repetitivamente sob condições naturais ou em resposta a uma variedade de tratamentos, tem sido tradicionalmente usada como o critério para caracterizar a troca da fase juvenil para adulta (GREENWOOD e HUTCHISON, 1993; HACKETT e MURRAY, 1993; HACKETT, 1987b). Segundo HACKETT (1987b), na maioria dos casos, a produção regular de flores é o único critério prático para identificação do final da fase juvenil em uma planta. Recentemente, porém, este critério de troca tem sido muito questionado, uma vez que a inaptidão de plantas juvenis em florescer não necessariamente indica incompetência reprodutiva, uma vez que a manipulação das condições ambientais ou hormonais pode induzir a floração repetitivamente nestas plantas, porém, não indicando a total maturidade das mesmas, em vista de outras características não serem afetadas e o florescimento não ocorrer sem os tratamentos (GREENWOOD e HUTCHISON, 1993).

Na maioria das coníferas, características como a relação de estróbilos masculinos e femininos produzidos têm sido usadas como um melhor indicador do estado de maturação quando comparado à competência reprodutiva, sendo que, de modo geral, quanto maior a idade dessas plantas, maior a produção de estróbilos masculinos em relação aos femininos (GREENWOOD e HUTCHISON, 1993).

Rejuvenescimento de plantas

O rejuvenescimento pode ser considerado como uma forma de reverter as plantas do estágio maduro para o juvenil. Em geral, algumas características relacionadas à maturação mostram-se mais fáceis de serem revertidas do que outras e os respectivos tratamentos para promoção do rejuvenescimento influenciam de forma diferenciada essas características, o que leva à conclusão de que o rejuvenescimento ocorre em termos relativos e não absolutos (HACKETT e MURRAY, 1993).

Existem vários métodos para reverter ou manter a juvenilidade das plantas. Entre os mais utilizados, podem-se citar a propagação vegetativa seriada (ZOBEL e TALBER, 1984; HACKETT, 1987a; ELDRIDGE et al., 1994) e as podas sucessivas (HACKETT, 1987a; ELDRIDGE et al., 1994).

Um método natural de promover o rejuvenescimento de partes maduras de plantas é a propagação sexuada, o qual, segundo HACKETT (1987b), é o mais eficiente em termos de rejuvenescimento, uma vez que se origina a parte mais juvenil da planta (embrião) a partir da parte mais madura (órgão florífero).

Rejuvenescimento por micropropagação

Estudos indicam que as características relacionadas à maturação podem ser modificadas por meio da cultura *in vitro* (micropropagação) seriada (HACKETT, 1987; BONGA e VON ADERKAS, 1992; HACKETT e MURRAY, 1993). Para *Eucalyptus* spp., a literatura tem mostrado que o potencial de enraizamento e vigor dos propágulos de árvores maduras aumenta com os sucessivos subcultivos *in vitro* (HACKETT, 1987a; CHAPERON, 1987; XAVIER e COMÉRIO, 1997). Segundo ASSIS (1996), essa técnica produz efeito após o décimo subcultivo, o que ainda é uma característica muito variável.

Para o rejuvenescimento de espécies florestais, a micropropagação tem sido considerada a técnica mais eficiente. No entanto, o seu uso ainda está limitado em vista da falta de domínio da técnica, bem

como, aos elevados custos envolvidos.

Rejuvenescimento por enxertia seriada

Neste método, propágulos maduros são enxertados em um porta-enxerto juvenil, promovendo o rejuvenescimento destes materiais. O grau de rejuvenescimento obtido depende do número de reenxertias do enxerto no porta-enxerto juvenil e do gênero envolvido (HUANG et al., 1990). Pesquisas têm apontado de duas a seis reenxertias como um número suficiente para rejuvenescer o material (ASSIS, 1996; ELDRIDGE et al., 1994), tendo-se variações em termos de espécies.

Para HUANG et al. (1990), a enxertia seriada é o mais consistente e extensivamente aplicado método de rejuvenescimento de plantas ou partes maduras destas. ELDRIDGE et al. (1994) considera que é um método de rejuvenescimento caro, que demanda muito tempo, além de apresentar problemas de incompatibilidade.

Rejuvenescimento por estaquia seriada

O efeito da confecção de estacas de brotações a partir de estacas enraizadas sobre o rejuvenescimento em *Eucalyptus* spp., resultando em efeitos positivos sobre o enraizamento, é citado por ELDRIDGE et al. (1994), embora ainda haja poucos relatos neste sentido. Para outras espécies arbóreas, não se tem resultados a respeito desta técnica.

Rejuvenescimento por podas drásticas

A realização do corte raso de árvores adultas para induzir o crescimento de brotações juvenis e a manutenção da juvenilidade por podas sucessivas visa aumentar a produção de propágulos e manter a juvenilidade dos mesmos (HACKETT, 1987a). Esse sistema tem sido usado com sucesso na produção de estacas com maior potencial de enraizamento em *Eucalyptus* no Brasil, onde é a base para a propagação clonal comercial.

Garner e Hatcher citados por HACKETT (1987a),

baseados em trabalhos com clones de maçã, consideram que ocorre um revigoramento fisiológico e não um rejuvenescimento por meio das podas drásticas, uma vez que, ramos de um ano de idade em jardim clonal podem florescer mesmo que apresentem alto potencial de enraizamento. Este florescimento, porém, não é acompanhado de outras características consideradas juvenis, como a filotaxia foliar, redução no vigor vegetativo e outros, o que denota que o material realmente sofreu algum tipo de rejuvenescimento, aliado ao revigoramento.

Outras práticas de rejuvenescimento

Aplicações de giberelinas e citocininas podem causar um estímulo do crescimento e reversão às características juvenis em muitas espécies, incluindo algumas arbóreas (GONÇALVES, 1982; HUANG et al., 1990 e HARTMANN et al., 1997). Porém, HUANG et al. (1990), em experimentos realizados com *Sequoia sempervirens*, concluíram que o pré-cultivo de brotos adultos ou parcialmente rejuvenescidos em meio suplementado com giberelina e citocinina, proporcionou efeito negativo na promoção do rejuvenescimento, o que mostra a inexistência de dados conclusivos a esse respeito.

Além das citadas anteriormente, existem várias outras práticas ou métodos para reverter ou manter a juvenilidade das plantas: tratamento térmico (frio ou calor), tratamento com raios X, neodiferenciação de gemas, apomixia e meiose para células (GONÇALVES, 1982), a indução de ramos adventícios em porções de raízes, a utilização do crescimento juvenil originado dos escleroblastos (HARTMANN et al., 1997), déficit lumínico (HACKETT, 1987b). Estes métodos, porém, têm sido menos estudados e relatados, resultando em menores conhecimentos dos seus efeitos sobre o rejuvenescimento ou manutenção da juvenilidade.

Considerações finais

A compreensão dos aspectos relacionados a juvenilidade e maturidade dos materiais vegetais a serem propagados virá incrementar em muito o

sucesso dos programas de silvicultura clonal. A escolha do material ideal para o processo de clonagem visa evitar ou diminuir perdas relacionadas à inaptidão dos propágulos à propagação vegetativa, a formação de mudas com baixo vigor aéreo e radicular, o crescimento plagiotrópico, entre outras características indesejáveis.

Nos processos de propagação clonal em espécies florestais, as técnicas de miniestaquia e microestaquia, implementadas recentemente na clonagem de *Eucalyptus*, são exemplos da aplicação dos fundamentos do gradiente de maturação e do rejuvenescimento, onde pelo uso de material com maior grau de juvenilidade e, ou rejuvenescido, obtêm-se maior percentual, velocidade e qualidade de enraizamento, bem como melhor qualidade da muda produzida.

Por outro lado, em programas de melhoramento genético florestal, onde o objetivo seja a obtenção da precocidade de floração e, ou, expressão de outras características maduras, o entendimento do gradiente de maturação poderá proporcionar maior rapidez e eficiência na obtenção dos resultados esperados.

LITERATURA CITADA

- ASSIS, T.F. Melhoramento genético do eucalipto. *Informe Agropecuário*, v. 18, n. 185, p. 32-51, 1996.
- BOLIANI, A. C. *Efeitos do estiolamento basal, da juvenilidade e do uso de um regulador vegetal no enraizamento de estacas de raízes e de ramos herbáceos de algumas espécies frutíferas*. Piracicaba, SP:ESALQ, 1986. 121 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986.
- BONGA, J. M., VON ADERKAS, P. *In vitro culture of trees*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1992. 236 p.
- CHAPERON, H. Vegetative propagation of

- Eucalyptus*. In: SIMPÓSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES FORESTALES, 1987, Buenos Aires, Argentina. *Anales...* (s.l): AFOCEL, (19—). p. 2115-232. 1987.
- ELDRIDGE, K., DAVIDSON, J., HARDWIID, C., VanWYK, G. *Eucalypt domestication and breeding*. Oxford: Clarendon Press, 1994. p. 228-246.
- FOUDA, R. A. Anatomical characteristics of juvenile and adult shoots associated with rooting ability of *Cupressocyparis leylandii* cuttings. In: Horticultural Science, University of Horticulture and Food, 1996, Budapest. *Journal article...* Budapest: University of Horticulture and Food, 1996. v.28, p. 107-111.
- GOMES, A. L. *Propagação clonal: princípios e particularidades*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1987. 69 p. (Série Didáctica, Ciências Aplicadas, 1).
- GONÇALVES, A. N. *Reversão à juvenildade e clonagem de Eucalyptus urophylla. S. T. in vitro*. Piracicaba, SP: ESALQ, 1982. 97 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1982.
- GREENWOOD, M.S., HUTCHISON, K. W. Maturation as an developmental process. In: AHUJA, M. R. e LIBBY, W. J. *Clonal forestry: genetics and biotechnology*. Budapest: Springer-Verlag, 1993. p. 14-33.
- HACKETT, W. P. Donor plant maturation and adventitious root formation. In: DAVIES, T. D., HAISSIG, B. E., SANKHLA, N. *Adventitious root formation in cuttings*. Portland: Dioscorides Press, 1987. p. 11-28 (Advances in Plant Sciences Series, 2). (a)
- HACKETT, W. P. Juvenility and maturity. In: *Cell and tissue culture in forestry*. Dordrecht: Kuwer Academic Publishers, 1987. p. 216-231. (b)
- HACKETT, W. P., MURRAY, J. R. Maturation and rejuvenation in woody species. In: AHUJA, M. R. *Micropropagation of woody plants*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 93 - 105.
- HARTMANN, H. T., KESTER, D. E., DAVIES JUNIOR, F. T., GENEVE, R. L. *Plant propagation: principles and practices*. 6 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1997. 770 p.
- HUANG, L. C. et al. Rejuvenation of trees and other perennials for restoration of plant regeneration competence. In: TORRES, A. C., CALDAS, L. S. *Técnicas e aplicações da cultura de tecidos em plantas*. Brasília: ABCPT/EMBRAPA-CNPq, 1990. p. 252 - 264.
- PARKER, S. R., WHITE, T. L., HODGE, G. R., POWELL, G. L. The effects of scion maturation on growth and reproduction of grafted slash pine. *New forest*, v. 3, n. 15, p. 243-259, 1998.
- RUSSEL, J. H. Clonal forestry with yellow cedar. In: AHUJA, M. R., LIBBY, W. J. *Clonal forestry: genetics and biotechnology*. New York: 1993. v. 2. p. 188-201.
- SALISBURY, F. B., ROSS, F. B. *Plant physiology*. California, Wadsworth Publishing Company, 1978. 2a. ed., 422 p.
- XAVIER, A., COMÉRIO, J. Enraizamento “ex vitro” de gemas de *Eucalyptus* spp. multiplicadas e alongadas “in vitro”. *Scientia Forestales*, n. 51, p. 29-36, 1997.
- XAVIER, A., COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. *Revista Árvore*, v.20, n.1, p.9-16, 1996.
- ZOBEL, B., TALBERT, J. *Applied forest tree improvement*. New York, North Carolina State University, 1984. 505 p.