

**DEFORMAÇÕES RADICULARES EM PLANTAS DE  
*Pinus taeda* L. PRODUZIDAS EM TUBETES QUANDO  
COMPARADAS COM PLANTAS ORIGINADAS POR  
SEMEADURA DIRETA**

ROOT DEFORMATION ON PLANTED SEEDLINGS OF  
*Pinus taeda* L. COMPARED TO THE ONES OBTAINED FROM  
DIRECT SOWING

Vilmar Luciano Mattei<sup>1</sup>

**RESUMO**

O trabalho analisa a implantação de povoamentos de *Pinus taeda* L. por semeadura direta, procurando observar a estruturação reticular das plantas, comparando-as com mudas de mesma idade produzidas por tubetes. Os resultados mostraram que o sistema reticular das plantas originadas no local apresentou-se bem distribuído horizontalmente e sem deformações, enquanto aquele originado de mudas produzidas em tubetes, além de apresentar distribuição horizontal deficiente, apresentou uma série de deformações morfológicas, que poderão comprometer o crescimento da futura árvore.

**Palavras-chave:** *Pinus taeda*; semeadura direta; deformações radiculares.

**ABSTRACT**

This paper analyses the direct sowing as an establishment technique, for *Pinus taeda* comparatively with planted seedlings of the same age, considering the root system structure evaluation. The root system morphology, developed from seeds in place, presented no deformation

---

1 Engenheiro Agrônomo, Dr. Professor Adjunto da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Caixa Postal 354, Campus Universitário, CEP 96001-970 - Pelotas, RS.

while those developed from planted seedlings, showed bad horizontal distribution and lateral root deformation, which could affect the future development of the tree.

**Keywords:** *Pinus taeda*; direct sowing; root deformation.

## INTRODUÇÃO

Mesmo tendo havido evoluções nas técnicas de produção de mudas, ainda existem muitos problemas a serem solucionados, especialmente na produção de mudas em recipientes, onde inúmeros problemas são apontados, principalmente aqueles relacionados com a formação do sistema radicular. Segundo REIS et al. (1991), é possível que a embalagem aumente as chances de se obterem plantas precocemente senescentes.

A habilidade de competir, de qualquer indivíduo florestal, e o sucesso de uma espécie, em qualquer habitat, depende em grande parte do tamanho, forma, tipo e eficiência do sistema reticular. O conhecimento da sua estrutura e desenvolvimento é essencial para se entender os requerimentos ecológicos de uma espécie florestal, as práticas culturais e a resistência física (EIS, 1978; COUTS et al., 1990).

EERDEN (1978) afirma que não há dúvidas de que o sistema radicular das árvores plantadas, inicialmente diferem em profundidade e distribuição das raízes laterais, daquelas originadas no local e segundo JORGENSEM (1968), tais diferenças independem do sítio.

A escolha do recipiente para a produção das mudas, diante da diversificada oferta, depende da quantidade de mudas a serem produzidas, organização e eficiência nas operações de plantio, sendo que na fase de viveiros devem também ser consideradas as necessidades biológicas e operacionais das mudas (TINUS & McDONALD, 1979; ARMSON, 1978; OWSTON, 1973).

As injúrias causadas pela deformação do sistema radicular, mesmo não sendo aparentes no desempenho de campo, durante a primeira década após o plantio, o crescimento da raiz é diminuído

neste período. Mesmo havendo recuperação parcial com o tempo, a capacidade de translocação é diminuída reduzindo o crescimento radicular. (GRENE, 1978).

As deformações radiculares em árvores originadas por plantio de mudas, tendo sido reconhecido pelos silvicultores de todo o mundo, razão pela qual está sendo dada mais atenção ao sistema radicular de mudas produzidas em recipientes (BELL, 1978; EERDEN, 1974; SEGARAN et al., 1978). Virtualmente todos os recipientes modificam a estrutura radicular das mudas (KINGHORN, 1974).

Muitos silvicultores tem relacionado problemas de doenças associadas às árvores com sistema radicular deformado, causado por restrições ao crescimento, decorrentes da inadequação do recipiente, em várias espécies de pinus, já que os mesmos não tem capacidade de formarem raízes adventícias após o plantio (STEIN, 1974; HIAT & TINUS, 1974). Estudos estão sendo realizados, buscando-se produzir um sistema radicular mais simétrico e com as raízes laterais mais horizontais (EERDEN, 1978; ULTEN, 1978).

O sistema radicular das plantas, especialmente após o plantio das mudas, tem merecido pouca atenção através do tempo.

O trabalho teve por objetivo observar se o método de regeneração por semeadura no local definitivo, comparado com o plantio, apresenta diferença na estrutura, distribuição e crescimento do sistema radicular.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada a espécie *Pinus taeda* L., sementes da “Klabin do Paraná Agroflorestal S.A”, safra 1990. O experimento foi implantado na “Estação Experimental do Canguiri” (UFPR), região metropolitana de Curitiba, clima tipo Cfb (Koppen), altitude é 930 m, e coordenadas geográficas 25°5' LS e 49°8' de LW.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com parcelas divididas, com 5 repetições, utilizando o modelo fatorial com 3 técnicas de preparo do solo (revolvimento,

coroa, sem preparo) e 3 sistemas de implantação (semeadura com e sem protetores e plantio de mudas). A análise estatística baseou-se em testes de variação e de comparações de médias (Tukey), com os dados transformados em arco seno  $\sqrt{x/100}$ .

As mudas foram produzidas em tubetes de polietileno escuro, cônico, com 4 frisos internos; altura 12,5 cm; diâmetro superior 3 cm, terminando em fundo aberto de aproximadamente 1 cm, e volume de 60 cm<sup>3</sup>. Como substrato, foi utilizado solo de superfície do local de instalação do experimento (camada de até 15 cm), sem fertilização complementar.

No local de implantação do experimento, a capoeira foi roçada mecanicamente de 15 a 20 cm de altura. No solo preparado, 45 dias antes da semeadura, foi realizada aração até 25 cm de profundidade, seguida de gradagem. No coroamento, a vegetação e os resíduos foram retirados, em um círculo de aproximadamente 30 cm. O local não preparado, teve apenas a capoeira rebaixada pela roçada, sendo a semeadura executada de forma a inferir apenas no ponto semeado. A semeadura foi manual realizada com e sem protetores, entre os dias 8 e 12/11/90. Com protetor foi utilizada um copo plástico (250ml), sem fundo, colocado sobre o ponto semeado, com a parte mais larga aprofundada 1cm (um) no solo. O plantio das mudas, originadas de semeadura de mesma data, foi manual, com auxílio de enxadão, realizado em 08/91.

### **Avaliações realizadas**

Uma amostra, constituída da planta média entre as 5 maiores de cada parcela, medida em 06/92, foi identificada no campo, conforme metodologia descrita por HARRINGTON et al. (1989). Em 09/92, (22 meses de idade), as plantas foram retiradas do campo cortando-se o solo verticalmente num círculo de 25 a 30 cm de raio, retirando-se o torrão sem danificar as raízes.

No laboratório foram obtidas as seguintes medidas: número de camadas de raízes secundárias, número total de raízes, diâmetro

de raízes laterais a 15 cm da inserção, peso de matéria seca do sistema radicular, distribuição horizontal das raízes em 4 quadrantes, existência de espiralamento, enovelamento e encachimbamento. Para a distribuição horizontal, foi considerada a extremidade da raiz lateral aos 15 cm de comprimento, estabelecendo-se 3 conceitos: 2 (dois) para as plantas que apresentavam raízes laterais em 3 ou 4 quadrantes; 1 (um) raízes laterais em 1 ou 2 quadrantes e 0 (zero) raízes laterais insignificantes, baseado em metodologia utilizada por MASON (1985). Para o espiralamento, estrangulamento e encachimbamento, os conceitos foram considerados da seguinte forma: 2 (dois) para as plantas que não apresentavam nenhuma deformidade em nenhum dos quadrantes; 1 (um) deformidades em 1 ou 2 quadrantes; 0 (zero) deformidades em 3 ou 4 quadrantes, baseado em metodologia utilizada por MASON & CULLEN (1986).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos resultados da análise de variância (Tabela 1), observa-se que o sistema de implantação exerceu marcada influência sobre as variáveis avaliadas, enquanto as técnicas de preparo do solo não influenciaram significativamente as mesmas variáveis.

Entre os sistemas de implantação, as variáveis avaliadas apresentam maiores valores nas plantas originadas por semeadura direta com protetores, e menores quando originadas de mudas plantadas produzidas em tubetes (Tabela 2).

O sistema radicular das plantas originadas por semeadura direta, com protetores, apresentou-se mais vigoroso daqueles das plantas originadas por plantio. Entre as técnicas de preparo do solo (Tabela 3), mesmo não havendo diferenças estatísticas significativas, observa-se que o número de camadas de raízes foi maior no solo revolvido, como consequência do mesmo estar mais solto, permitindo o distanciamento de inserção entre as raízes laterais (Figura 1) sem, no entanto, aumentar a sua quantidade, área transversal ou peso seco.

TABELA 1: Análise de variância das variáveis analisadas na parte subterrânea de plantas de *Pinus taeda* de 22 meses de idade.

TABLE 1: Analysis of the variance of the analyzed variables in the underground part of 22-month old *Pinus Taeda* plants.

Fontes	NCRZ	NTRZ	MDRZ	ATRV	PSRT
Prot.	N.S.	*	**	**	**
Solo	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
S x I	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

Em que: \*= Análise de variância ao nível de 5% e \*\* = 1%; N.S = Não significativa; PROT. = Sistemas de implantação com e sem protetores; SOLO = Técnicas de preparo do solo; NCRZ = N° de camadas de raízes laterais; NTRZ = N° total de raízes laterais; MDRZ = Diâmetro médio das raízes laterais; ATRV = área transversal de raízes laterais a 15 cm da inserção; PSRT = Peso seco total do sistema radicular.

No desmembramento das interações, tanto das técnicas de preparo de solo, quanto dos sistemas de implantação, a resposta das variáveis analisadas, foram as mesmas da análise dos fatores isoladamente.

A variável que mais se destacou entre os sistemas de implantação, foi a área transversal das raízes laterais. Esta variável pode constituir-se em novo instrumento de avaliação de desenvolvimento de plantas. As plantas originadas por plantio de mudas produzidas em tubetes tiveram baixo desempenho em todas as variáveis radicais avaliadas, possivelmente, como consequência das práticas culturais de viveiro. Tais problemas, de acordo com GRENE (1978), mesmo que desapareçam com o tempo, as perdas na fase de instalação da planta, podem ser decisivas.

Os valores obtidos no solo não preparado, permitem questionar a real necessidade de um preparo completo de solo. Acredita-se que se a prática de preparo do solo possa vir a ser dispensada, poderão ser obtidos bons ganhos pela redução de custos de implantação de povoamento. Contudo, o maior ganho será na redução de perdas de nutrientes causados pela erosão, presente em locais de solo preparado.

TABELA 2: Características do sistema radicular de plantas de *Pinus taeda*, de 22 meses de idade, originadas por semeadura direta e por plantio de mudas produzidas em tubetes.

TABLE 2: Features of the root system of *Pinus taeda* plants, 22 months old, originated by direct seeding and planting of seedlings grown in plastic pots.

VARIÁVEIS	SPR	CPR	MUD
NCRZ	7.8 a	7.8 a	6.2 a
NRTZ	15.8 a	15.4 a	11.9 b
MDRZ (mm)	2.3 b	7.8 a*	1.6 c
ATRV (mm <sup>2</sup> )	79.9 b	173.6 a*	32.1 c
PSRT (g)	18.1 b	17.2 a*	10.3 c

Em que :Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de “Tukey” ao nível de 5% e  $\alpha=1\%$ ; SPR = Semeadura sem protetores; CPR = Semeaduras com protetores; MUD = Muda plantada; NCRZ = Número de camadas de raízes laterais; NTRZ = Número total de raízes laterais; MDRZ = Diâmetro médio das raízes laterais; ATRV = área transversal de raízes laterais a 15 cm da inserção; PSRT = Peso seco total do sistema radicular.

### Distribuição Horizontal das Raízes Laterais

Todas as 30 plantas utilizadas nas avaliações, oriundas de semeaduras direta, apresentam raízes laterais distribuídas horizontalmente nos 4 quadrantes, enquanto 14, das 15 oriundas de mudas produzidas em tubetes e posteriormente plantadas, apresentando raízes laterais distribuídas em apenas dois quadrantes. Em ocorrência disso, os resultados não foram submetidos à análise estatística.

Os escores atribuídos ao sistema radicular das plantas separou-se em 2 grupos distintos. Todas, oriundas de semeadura direta obtiveram escore 2, enquanto todas, menos uma, oriundas de plantas mudadas, obtiveram escore 1.

A má distribuição das raízes laterais de mudas produzidas em tubetes, demonstra ser uma técnica de produção de mudas, pouco adequada à espécie, gerando distorções radiculares, que podem, de

TABELA 3: Características do sistema radicular de plantas de *Pinus taeda* de 22 meses de idade, oriundas de diferentes técnicas de preparo do solo.

TABLE 3: Features of the root system of *Pinus taeda* plants, 22 months of age, from different soil preparation techniques.

Variáveis	Revolv	Coroa	Nprep
NCRZ	8.1 a	6.8 a	6.9 a
NRTZ	13.2 a	15.2 a	14.6 a
MDRZ (mm)	2.4 a	2.1 a	2.3 a
ATRV (mm <sup>2</sup> )	82.8 a	80.0 a	86.7 a
PSRT (g)	18.4 a	17.0 a	20.11 a

Em que: Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de “Tukey” ao nível de 5%; Revolv = Solo preparado (aração e gradagem); COROA = Local de semeadura/plantio limpo um círculo de 30 cm; Nprep = Local onde foi semeado sem preparo do solo; Ncrz=Númerodecamadasderaízeslaterais;Ntrz=Númerototalderaízeslaterais; Mdrz = Diâmetro médio das raízes laterais; Atrv = área transversal de raízes laterais a 15 cm da inserção; Psrt = Peso seco total do sistema radicular.

forma oculta, reduzir a plásticos inadequados para produzir mudas de *Pinus*. Resultados encontrados por MASON (1985), demonstram que a maior causa de instabilidade juvenil de *Pinus radiata* D. Don, na Nova Zelândia, era relacionada a inexistência de raízes laterais nos 4 quadrantes e, MEXAL & BURTON (1978) encontraram que a performance das plantas era correlacionado com a distribuição horizontal das raízes.

### Deformações Radiculares

A raiz principal, de algumas plantas originadas de mudas, apresentaram pequenos desvios, porém não considerados como deformações. Todas as plantas amostradas, originadas de mudas produzidas em tubetes apresentaram todos os tipos de deformações nas raízes laterais, em todos os quadrantes (Tabela 2), enquanto nenhuma

deformação foi observada nas plantas originadas por semeadura direta. Os escores atribuídos ao sistema radicular das plantas, separou-as em 2 grupos distintos, onde todas as plantas oriundas de semeadura direta obtiveram escore 2 (dois) e, todas as plantas originadas por plantio de mudas obtiveram escore 0 (zero). Uma das vantagens de semeadura direta, sobre o plantio, foi o desenvolvimento das raízes laterais de forma mais harmônica e natural, enquanto que as raízes das plantas originadas em recipientes apresentaram distorções bastante acentuadas, não deixando dúvidas de que o sistema radicular de plantas originadas por semeadura direta é diferente daquele das plantas originadas por plantio, descrito também por EERDEN (1978). As deformações radiculares podem resultar em diminuição do crescimento futuro, pois as mesmas persistem. GRENE (1978); SCHIMIDT-VOGT (1984); PARVIAINEN (1984), também encontraram que uma vez estabelecidas, as distorções tendem a persistir e o crescimento radicular na primeira década é diminuído, mesmo que tais distorções recuperem-se parcialmente com o tempo.

Resultados semelhantes foram encontrados por LITTLE & SOMES (1964), quando encontraram que as raízes de mudas originadas por semeadura no local, eram normais, enquanto as raízes de plantas originadas por plantio, apresentavam estrangulamento e espiralamento.

Em relação ao desempenho da planta, MELLO (1989) estudando o sistema radicular de plantas de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* aos 3 anos de idade, observou que as árvores dominantes, originadas por mudas produzidas em tubetes, apresentavam abundante ramificação lateral e simetria lateral oposta, enquanto as plantas dominadas apresentavam simetria mal balanceada e raiz pivotante com deformações.

Por outro lado, existem muitos estudos sobre retorcimento de raízes em mudas produzidas em recipientes, mas poucas evidências que tais distorções tenham efeitos prejudiciais no crescimento e subsequente estabilidade da planta (CHAMPS, 1978; ARMSON, 1978).

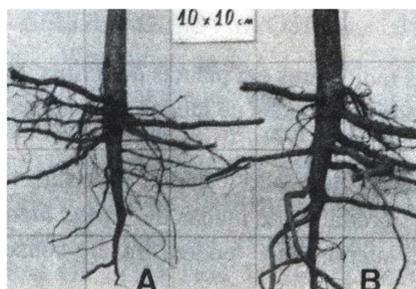


FIGURA 1: Distribuição vertical das raízes laterais de plantas de *Pinus taeda* de 22 meses de idade: A) originadas por semeadura direta, em solo não preparado; B) originadas por semeadura direta, em solo arado.

FIGURE 1: Vertical distribution of lateral roots of *Pinus taeda* plants, 22 months of age: A) caused by direct seeding in non-prepared soil; B) caused by direct seeding in plowed soil.

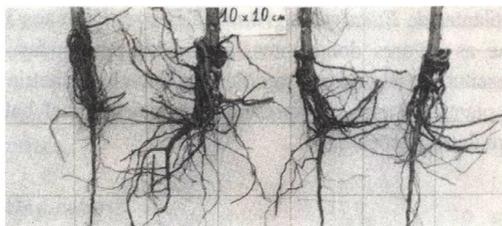


FIGURA 2: Deformações radiculares em plantas de *Pinus taeda* de 22 meses de idade, originadas de mudas produzidas em tubetes.

FIGURE 2: Root deformations in *Pinus taeda* plants, 22 months old, originated from seedlings grown in plastic pots.

## CONCLUSÕES

As plantas de *Pinus taeda* originadas por semeadura direta, possuem um sistema radicular bem distribuído e sem deformações.

O sistema radicular lateral de *Pinus taeda*, modificado pelo recipiente na fase de viveiro, retoma o crescimento horizontal após o plantio, mas os desvios permanecem.

O tubete tal como utilizado neste experimento não foi um recipiente adequado para produção de mudas de *Pinus taeda*, pois induziu à deformação das raízes laterais, que podem trazer consequências para o crescimento da planta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALM, A.A.; SCHANTZ-HANSEN, R. Tubeling research plantings minnesota. In: NORTH AMERICAN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLING SYMPOSIUM 1974: Denver, Colorado. **Proceedings...** Whashington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1974. p.384-387. (Great Plants Agric. Council Publication, 68).
- ARMSON, K.A. Roots of the new forest. In: ROOT FORM OF PLANTED TREES SYMPOSIUM, 1978, Victoria. **Proceedings...** Victoria: British Columbia, 1978. p.325-328. (Joint Report, No. 8).
- BELL, T.I.W. The effect of seedling container restriction on the development of *Pinus caribaea* roots. In: ROOT FORM OF PLANTED TREES SYMPOSIUM, 1978, Victoria. **Proceedings...** Victoria: British Columbia, 1978. p.91-95. (Joint Report, No. 8).
- CHAMPS, J. de. Influence of various container on the root form of some conifers planted in France. In: ROOT FORM OF PLANTED TREES SYMPOSIUM, 1978, Victoria. **Proceedings...** Victoria: British Columbia, 1978. p.133-141. (Joint Report, No. 8).
- COUTTS, M.P.; WALKER, C.; BURNAND, A.C. Effects of establishment method on root form of Lodgepole Pine and Sitka Spruce and on the production of adventitious roots. **Forestry**, v.63, n.2, p.143-159, 1990.
- EERDEN, E. VAN; ARNOTT, J.T. Root growth on container-grown stock after planting. In: NORTH AMERICAN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLING SYMPOSIUM 1974: Denver, Colorado. **Proceedings...** Whashington, D.C.: U.S. Government Printing Office,

1974. p.393-397. (Great Plants Agric. Council Publication, 68).
- EIS, S. Natural root forms of western conifers. In: ROOT FORM OF PLANTED TREES SYMPOSIUM, 1978, Victoria. **Proceedings...** Victoria: British Columbia, 1978. p.23-27. (Joint Report, No. 8).
- GRENE, S. Root deformations reduce root growth and stability. In: ROOT FORM OF PLANTED TREES SYMPOSIUM, 1978, Victoria. **Proceedings...** Victoria: British Columbia, 1978. p.150-155. (Joint Report, No. 8).
- HARRINGTON, C.A.; BRISSETTE, J.C.; CARLSON, W.C. Root system structure in planted and seeded loblolly and shortleaf pine. **Forest Science**, v.35, n.2, p.469-480, 1989.
- HIAT, H.A.; TINUS, R.W. Container shape controls root systems configuration of ponderosa pine. In: NORTH AMERICAN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLING SYMPOSIUM 1974: Denver, Colorado. **Proceedings...** Whashington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1974. p.8-18. (Great Plants Agric. Council Publication, 68).
- JORGENSEM, J.R. Root growth of direct-seeded southern pine seedlings. USDA Forest Serv., 1968. 7p. (Research Note SO-79).
- KINGHORN, J.M. Principles and concepts in container planting. In: NORTH AMERICAN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLING SYMPOSIUM 1974: Denver, Colorado. **Proceedings...** Whashington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1974. p.8-18. (Great Plants Agric. Council Publication, 68).
- MASSOM, E.G. Causes of instability of *Pinus radiate* in New Zealand. **New Zel. J. of Forestry Science**, v.15, n.3, p.263-280, 1985.
- MASSON, E.G.; CULLEN, A.W.J. Growth of *Pinus radiate* on ripped and unripped taupo pumice soil. **New Zel. J. of Forestry Science**, v.16, n.1, p.3018, 1986.
- MELLO, A.C.G. de Efeito de recipientes e substratos no comportamento silvicultural de plantas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e do *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. Piracicaba, USP, ESALQ, 1989, 80p. Dissertação (Mestrado de Ciências Florestais) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, ESALQ, Universidade de

São Paulo.

MEXAL, J., BURTON S. Root development of planted loblolly pine seedlings. In: ROOT FORM OF PLANTED TREES SYMPOSIUM, 1978, Victoria. **Proceedings...** Victoria: British Columbia, 1978. p.85-90. (Joint Report, No. 8).

OWSYON, P.W. Cultural techniques for growing containerized seedlings. In: WEST FOR. NURSERY COUNC. AND INTERMOUNTAIN FOR NUR SERYMENS ASSC., **Proceedings...**, 1973. p.32-41.

PARVIAINEN, J. Containerized forest tree seedlings production in Finland and the other Nordic Countries. In: SINPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IUFRO, UFPr, 1984. p. 379-391.

REIS, G.G. et al. Efeito da poda de raízes sobre a arquitetura do sistema radicular e o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus citriodora* produzidas em tubetes. **Revista Árvore**. Viçosa, v.15, n.1, p.43-54, 1991.

SCHIMIDT-VOGT, H. Morpho-physiological quality of forest tree seedlings: the present international status of research. In: SINPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IUFRO, UFPr, 1984. p. 366-378.

SEGARAN, S.; DOJACK, J.C.; RATHWELL, R.K. Assessment of root deformities oh jack pine (*Pinus contorta* Lamb.) planted in southeastern manitoba. In: ROOT FORM OF PLANTED TREES SYMPOSIUM, 1978, Victoria. **Proceedings...** Victoria: British Columbia, 1978. p.197-200. (Joint Report, No. 8).

SIMÕES, J.W. Problemática de produção de mudas em essências florestais. **Série técnica**. IPEF, Piracicaba. v.4, n.13, p. 1-6, 1987.

TINUS, R.W.; McDONALD, S.E. How to grow tree seedlings in container in greenhouse. Gen. Tech. Rep., **Forest Science**, USDA, p. 1-256, 1979.