



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

Schneider, Paulo Renato; Grilo Elesbão, Luiz Ernesto; Pigato Schneider, Paulo Sérgio; Villanova Longhi, Régis

Crescimento em altura dominante do *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* em solos arenizados degradados no oeste do Rio Grande do Sul

Ciência Rural, vol. 43, núm. 11, noviembre, 2013, pp. 1981-1986

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33128778010>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Crescimento em altura dominante do *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* em solos arenizados degradados no oeste do Rio Grande do Sul

Dominant height growth of *Pinus elliottii* and *Pinus taeda* in arenized degraded soils in the west of Rio Grande do Sul, Brazil

Paulo Renato Schneider^{I*} Luiz Ernesto Grilo Elesbão^I Paulo Sérgio Pigato Schneider^{II}
Régis Villanova Longhi^{II}

RESUMO

A introdução de espécies florestais de rápido crescimento em áreas com solos arenizados e degradados pode ser uma alternativa tanto para a prevenção como para a minimização desse problema. O trabalho objetivou avaliar o crescimento em altura dominante do *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. em relação aos solos arenizados e degradados por ação antrópica, no oeste do estado do Rio Grande do Sul (RS). Para isso, foram selecionadas árvores dominantes em povoamentos com 29 anos de idade, em áreas com dois níveis de degradação, as quais foram abatidas e seccionadas pelo método de Smalian para a obtenção de discos de madeira para a análise dendrocronológica e determinação da altura dominante por idade, no período de 1982 a 2010. Os crescimentos em altura dominante dessas espécies, quando comparados entre si e por nível de degradação do solo, apresentaram tendências diferentes de desenvolvimento no tempo, indicando a presença de polimorfismo das curvas.

Palavras-chave: crescimento, polimorfismo, arenização, nível de degradação.

ABSTRACT

The introduction of fast-growing tree species in areas with arenized degraded soils can be an alternative to minimize this problem. This research was conducted to study the dominant height growth of *Pinus elliottii* Engelm. and *Pinus taeda* L. in relation of arenized soil and degraded by antropic action in the western state of Rio Grande do Sul (RS), Brazil. For this purpose, we selected dominant trees in stands with 29 years old, in areas with two levels of degradation, which were felled and sectioned by Smalian method to obtain wood sample for dendrochronological analysis and determination of dominant height for age in the period 1982-2010. The dominant height growth of these species, when compared by level of soil degradation, showed different trend of development in the time, indicating the presence of polymorphism curves.

Key words: growth, polymorphism, arenization, degradation level.

INTRODUÇÃO

A formação dos areais no estado do Rio Grande do Sul (RS), interpretada a partir de estudos geomorfológicos, está associada à dinâmica dos fatores hídricos e eólicos, que, associados à topografia favorável, permitem a formação de ravinas e voçorocas que, na continuidade do processo, desenvolvem uma erosão lateral e progressiva, consequentemente alargando suas bordas. Por outro lado, em decorrência do processo de transporte de sedimentos pela água, durante episódios de chuvas torrenciais, formam-se depósitos arenosos em forma de leques. Com o tempo, esses leques vão se agrupando e, em conjunto, dão origem a um areal, em que o vento, atuando sobre esses areais, em todas as direções, possibilita a ampliação desse processo de arenização (SUERTEGARAY, 2011).

A United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD, 1994) definiu desertificação como sendo a degradação do solo em regiões áridas, semiáridas e de áreas secas a subúmidas, resultante de vários fatores, incluindo a variação climática e atividades humanas. Considerando-se esses aspectos, percebe-se que o RS não se apresenta como região afetada pela desertificação, pois a precipitação média anual é em torno de 1.400mm.

^IDepartamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Florestal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: schneider.paulorenato@gmail.com. ^{*}Autor para correspondência.

^{II}Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, CCR, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

Na Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação, realizada em 1977, em Nairóbi, Quênia, o termo desertificação foi conceituado como sendo a diminuição ou a destruição do potencial biológico do solo, que pode desembocar, em definitivo, na condição do tipo desértico. Além do plano de ação, foi elaborado um mapa mundial com a localização dos desertos e das áreas de risco à desertificação, classificados em muito alta, alta e moderada, em que, no Brasil, somente o nordeste é incluído (ONU, 2005).

A gênese dos areais, segundo SUERTEGARAY (1995), está vinculada a três processos naturais: a deflação, o escoamento superficial e o escoamento concentrado sob a forma de ravinas e voçorocas. Nos meses de verão, predomina a deflação, com chuvas ocasionais e de curta duração, associadas a altas temperaturas e à evaporação, que provocam, em alguns locais, o ressecamento do solo, favorecendo a movimentação de suas partículas pela ação dos ventos. O choque entre partículas maiores e menores ocasiona o fracionamento delas em unidades cada vez menores, até o tamanho de um grão de areia. A disponibilidade de água na área depende da posição topográfica em que ela se encontra, pois influencia diretamente no desenvolvimento das plantas do local, assim como na formação do solo (HANNAH et al., 1982).

Devido à fragilidade natural dos solos, juntamente ao manejo inadequado da agricultura ou pecuária conduzidos sobre essas áreas, a introdução de espécies florestais exóticas de rápido crescimento, muitas vezes com elevado potencial de invasão como as espécies de *Pinus* sp., mesmo contrapondo à característica original da vegetação nativa, é uma alternativa tanto para a prevenção como para a minimização do problema de arenização do solo. Ainda se ressalta que o estabelecimento de plantações florestais homogêneas com potencial de invasão pode alterar a estrutura da vegetação, quando esta existir. Embora essas alterações sejam indesejáveis ecologicamente, elas podem trazer benefícios quanto à estabilização e resiliência dessas áreas de solos arenizados degradados, principalmente pelo aumento da ciclagem de nutrientes e balanço de energia no sistema.

As espécies de *Pinus* sp. demonstram uma capacidade extraordinária de gerenciamento dos recursos nutricionais em sítios de baixa fertilidade, sem manifestar sintomas visuais de deficiência (REISSMANN & WISNEWSKI, 2005). Esses aspectos, embora positivos sob um determinado ponto de vista, geram uma expectativa que se mostra negativa no sentido do manejo nutricional dessas

espécies. A rapidez de crescimento e ausência de sintomas de deficiência, especialmente durante as primeiras rotações, reforça a expectativa de que povoamentos de *Pinus* sp. não necessitam de grandes cuidados com a adubação, ou totalmente dispensável.

O trabalho objetivou avaliar o desempenho das espécies *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* em áreas de solos arenizados e degradados por ação antrópica na região da fronteira oeste do estado do RS, com foco específico no crescimento temporal da altura dominante em povoamentos implantados em áreas com diferentes níveis de degradação do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em áreas arenizadas do Bioma Pampa, localizadas no município de Alegrete e São Francisco de Assis, região da Campanha ocidental da fronteira oeste do estado do RS (latitude de 29°47'01,63" Sul e longitude de 55°47'27,54" Oeste).

O clima da região, situada nos municípios de São Francisco de Assis, Alegrete e Manoel Viana, de acordo com a classificação de Köppen, recebe a denominação de Cfa1g, subtropical mesotérmico úmido (NIMER, 1990). Esse clima é caracterizado por meses de frio, com geadas de maio a agosto, e calor intenso nos meses de janeiro e fevereiro, sendo a temperatura média dos meses mais quentes superior a 20°C.

As precipitações são bem distribuídas durante todo o ano, variam entre 1.250 e 1.500mm ao ano. A sua gênese está associada aos sistemas de frentes frias que dominam periodicamente o clima. Devido à regularidade das frentes frias, nos meses de inverno, os ventos predominantes são dos quadrantes sul (Minuano) e sudoeste (Pampeano).

A região dos areais apresenta uma pedologia bastante variada, ocorrendo oito unidades diferentes de solos, os quais têm origem arenítica, principalmente os Alissolos, Cambissolos, Neossolos e Argilossolos (EMATER/UFRGS, 2001). Esses solos são de origem arenítica, bastante frágil, extremamente suscetível à erosão, principalmente em áreas mais declivosas de solos rasos, associados às rochas aflorantes. Nas áreas do estudo, a ocorrência dos areais tem como substrato o arenito da Formação Botucatú. Nessa formação Mesozoica, assentam-se depósitos arenosos não consolidados, originários de deposição fluvial e eólica durante o Pleistoceno e o Holoceno, que, sob uso e remoção atual, originam os areais.

A amostragem dos dados dendrométricos foi realizada em sete fazendas com características distintas

de níveis de degradação, reflorestadas com *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, situadas nos municípios de Alegrete e São Francisco de Assis. Esses povoamentos florestais foram implantados em diferentes épocas, em espaçamento inicial variando de 3x2m a 3x3m, com o objetivo inicial de amenização do processo de degradação e recuperação de solos arenizados. Essas áreas foram estratificadas por espécie e níveis de degradação do solo: Alto – áreas arenizadas sem presença de vegetação; Médio – áreas arenizadas com presença de tuchos de vegetação; Baixo - áreas arenizadas com presença de vegetação esparsa, baseado na classificação mencionada pela United Nations Convention to Combat Desertification – UNCCD (1994).

Nesses povoamentos, foram lançadas unidades amostrais permanentes de 20x20m, sendo mensuradas todas as árvores, em relação ao diâmetro, à altura e à altura dominante, e feita a caracterização da posição sociológica, segundo a classificação de Kraft (ASSMANN, 1970). No momento da coleta dos dados, os povoamentos apresentavam idade entre 24 a 29 anos, sem intervenção de desbaste.

Para o estudo do crescimento em altura dominante do *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, nas unidades amostrais, foram selecionadas árvores dominantes representativas, que passaram por análise de tronco completa. Em cada local e nível de degradação do solo, foram amostradas duas árvores dominantes, totalizando 28 árvores amostra. O nível de degradação alto foi amostrado, mas desconsiderado da análise estatística, devido à baixa densidade de reflorestamentos nessas áreas.

Na coleta de dados, foram utilizadas as normas para coleta de informações dendrométricas, descritas por SCHNEIDER et al. (1988). As árvores amostradas foram seccionadas em toras no comprimento fixo. De cada árvore, foram extraídos discos na altura de 0,1; 1,3; 3,3; 5,3m, e os demais, de 2 em 2 metros, até o ápice da árvore. Esses discos tinham cerca de 5cm de espessura e foram secos em estufa e, posteriormente, preparados pelo lixamento, até a visualização integral de todos os anéis de crescimento. Em cada disco, foram tomadas medidas em quatro raios, sendo o primeiro num ângulo de 45° a partir do maior raio da fatia, e os demais, a 90° um do outro. Os anéis de crescimento foram identificados com auxílio de lupa, e suas espessuras, medidas com auxílio do Lintab II acoplada a um computador.

A identificação dos anéis de crescimento foi realizada de acordo com a orientação de SCHWEINGRUBER (1996), que descreveu os problemas na identificação de anéis de crescimento anual em *Pinus*, afirmando que podem existir

anéis muito tênuas próximos à medula, de difícil identificação visual, falsos anéis, causados por estresse, relacionando aos fatores que influem na sua formação e algumas técnicas utilizadas para identificar os anéis verdadeiros.

Para o estudo do crescimento em altura dominante em função da idade foram ajustados os seguintes modelos (RICHARDS, 1959; LOETSCH et al., 1973; SCHNEIDER, 1984; PRODAN et al., 1997): Schumacher (1): $Iny = b_0 + b_1 \cdot (1/t)$; Backman (2): $Iny = b_0 + b_1 \cdot \ln t + b_2 \cdot \ln^2 t$; Backman modificado (3): $Iny = b_1 \cdot \ln t + b_2 \cdot \ln^2 t$; Prodan (4): $Iny = t^2/(b_0 + b_1 \cdot t + b_2 \cdot t^2)$; Richards (5): $y = b_0 \cdot (1 - e^{(-b_1 \cdot t)})$. Em que, y é a variável dependente; t a idade em anos; b_0 , b_1 , b_2 os parâmetros; ln é o logaritmo neperiano.

A seleção da equação de crescimento em altura dominante no tempo foi realizada através de testes de validação do coeficiente de determinação ajustado, coeficiente de variação, valor de F e índice de Furnival, conforme FURNIVAL (1961), cujas derivadas da equação encontram-se publicadas em ALDER (1980) e a indicação de correção para o número de observações e parâmetros da equação em SILVA & BAILEY (1991). Para isso, foi determinado o valor ponderado desses escores estatísticos para cada um dos modelos testados.

O método de análise de covariância foi utilizado para avaliar as diferenças de inclinação e o nível entre as curvas de crescimento em altura dominante no tempo entre as espécies de *Pinus* e níveis de degradação dos solos arenizados (STEEL & TORRIE, 1960). Essa análise de covariância foi determinada tomando por base o modelo de crescimento de Backmann modificado (modelo 3), com a introdução de variáveis dummy para as espécies e para níveis de degradação do solo.

As regressões da altura dominante em função do tempo e a análise de covariância do crescimento foram ajustadas no procedimento GLM, para análise de regressões e análise de covariância, respectivamente, com o auxílio do pacote Statistical Analysis System (SAS, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento da altura em função da idade

As análises dos dados de crescimento em altura permitiram o ajuste dos modelos e a determinação da precisão estatística de cada equação testada. Para isso, foram determinados, para cada equação ajustada, o valor dos coeficientes e os parâmetros estatísticos, para posterior comparação da precisão e do grau de ajuste, sendo eles apresentados na tabela 1.

Analisando os valores apresentados na tabela 1, nota-se que, no geral, as equações apresentaram valores de coeficiente de determinação ajustado entre 0,70 e 0,99; coeficientes de variação entre 7,17 e 20,2%, de acordo com o modelo testado. Os valores de coeficiente de determinação discrepantes indicam que algumas equações têm maior capacidade de explicar a variação da altura dominante no tempo.

Ao analisar as equações através dos parâmetros estatísticos, destacam-se: a equação de número 4, definida pelo modelo de crescimento de Prodan, que apresentou o maior valor de coeficiente de determinação ajustado igual a 0,99 e menor coeficiente de variação de 7,17%, porém, com um IF elevado igual a 2,36; o modelo de Richards, representado pela equação 5, com coeficiente de determinação ajustado de 0,96 e coeficiente de variação de 20,20%; e o modelo de Backman modificado, correspondente à equação 3, que apresentou o maior coeficiente de determinação ajustado de 0,99, coeficiente de variação de 9,97% e o menor IF igual a 0,0745.

Essa indicação do modelo de Backman modificado como o melhor modelo ocorreu na determinação do Valor Ponderado dos Escores Estatísticos (VP) para a seleção da equação, com um escore de 6 pontos, inferior ao dos demais modelos. Esse procedimento estatístico visa a sistematizar os resultados, auxiliando na seleção do modelo para descrever o crescimento da altura em função da idade, conforme mostrado na tabela 1. Essa equação de Backman modificada apresentou uma boa distribuição dos valores residuais.

Crescimento em altura dominante por espécie e por níveis de degradação do solo

Na tabela 2, são apresentados os valores estatísticos da análise de covariância que testou as

diferenças entre o crescimento em altura dominante, em função da idade, para as espécies de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* em relação aos níveis de degradação do solo em: média e baixa.

Observou-se que as espécies apresentaram um comportamento de crescimento em altura diferente no tempo, com um valor de F igual a 10408,22, significativo (Prob.<0,0001), indicando a existência de níveis diferenciados de crescimento em altura dominante por idade. Da mesma forma, o crescimento em altura em função da idade sofreu influência dos níveis de degradação do solo, apresentando um valor de F igual a 40,59, significativo (Prob.<0,0001), indicando haver diferença no comportamento do crescimento em altura dominante por idade das árvores, variando diretamente com o nível de degradação do solo.

Os resultados da análise de covariância da altura dominante em função da idade, considerando a relação da espécie e nível de degradação do solo, indicam que essa variável deve ser estimada por espécie, considerando a influência da capacidade produtiva do solo, que, na prática, passa a ser contemplado ou abrangido pelas curvas de índice de sítios do local.

Por outro lado, a interação do logarítmico da idade com as espécies e degradação do solo acusou valores de F de 9,38 e 6,08, significativos às probabilidades de 0,0027 e 0,0150, respectivamente. Isso indica que, tanto para as espécies quanto para os níveis de degradação do solo, existe uma tendência de mudança na forma de crescimento no tempo, o que indica a presença de polimorfismo decorrente desses efeitos.

Embora isso seja uma constatação, esse crescimento reforça a expectativa de que os *Pinus* adaptam-se com grande plasticidade em solos arenizados e pobres em nutrientes. Isso vem a

Tabela 1 - Parâmetros estatísticos e valor dos escores das equações testadas para ajustar o crescimento da altura dominante em função da idade de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*.

Modelo	Coeficientes			$R^2_{Ajustado}$	S_{yx}	CV%	IF	F	Valor escores
	b_0	b_1	b_2						
1	3,24956	-7,4101	-	0,70 (4)	0,2979	11,36 (3)	0,0836 (3)	609,75 ** (4)	(14)
2	-0,2148	1,37332	-0,1099	0,77 (3)	0,2614	9,97 (2)	0,0748 (2)	433,56** (5)	(12)
3	-	1,19677	-0,0754	0,99 (1)	0,2612	9,97 (2)	0,0745 (1)	13006,80** (2)	(06)
4	5,35034	0,91106	0,2826	0,99 (1)	8,2699	7,17 (1)	2,3628 (4)	13839,10** (1)	(07)
5	33,9070	0,0405	-	0,96 (2)	3,1445	20,20 (4)	5,1651 (5)	3498,09** (3)	(14)

Sendo: $R^2_{Ajustado}$ = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; CV% = coeficiente de variação em %; IF = Índice de Furnival; F = valor de F da análise de variância; ** = significativo a 99 % de probabilidade; b_0 , b_1 , b_2 = coeficientes; () = escore dos parâmetros estatísticos.

Tabela 2 - Análise de covariância do crescimento em altura dominante das espécies de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* e nível de degradação do solo.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	7	885,7093	126,5299	1594,80	<0,0001
Espécie	1	825,3722	825,3722	10408,22	<0,0001
Degradação	1	3,2207	3,2207	40,59	<0,0001
ln I	1	55,8682	55,8682	704,17	<0,0001
ln ² I	1	0,0215	0,0215	0,27	0,6034
ln I*Espécie	1	0,7440	0,7440	9,38	0,0027
ln I*Degradação	1	0,4826	0,4826	6,08	0,0150
Resíduo	129	10,2347	0,0793		
Total	136	895,9440			

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F; Prob.>F = probabilidade de significância para o valor de F; ln = logaritmo natural; I = idade.

corroborar os resultados obtidos por REISSMANN & WISNEWSKI (2005) sobre essas espécies, tendo constatado uma capacidade extraordinária de gerenciamento dos recursos nutricionais em sítios de baixa fertilidade, sem manifestar sintomas visuais de deficiência, o que, embora positivo, sob um determinado ponto de vista, gera uma expectativa que se mostra negativa no sentido do manejo nutricional dessas espécies.

A utilização do gênero *Pinus* na recuperação de áreas degradadas, embora muitas vezes contestada pelo seu potencial invasivo, tem demonstrado uma grande eficiência na resiliência desses solos arenizados degradados pela ação antrópica. Essas controvérsias são manifestações teóricas com pouca fundamentação científica, pois ELESBÃO (2011), após 29 anos de observações em áreas reflorestadas com *Pinus elliottii*, observou um aumento significativo dos teores médios da maioria dos elementos químicos e da quantidade de matéria orgânica do solo, através da incorporação pela serapilheira, com minimização dos efeitos erosivos.

Para estimar a altura dominante em função da idade, para as espécies de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* de forma individualizada, cultivados em solos arenizados e degradados da fronteira oeste do Rio Grande do Sul, foi introduzido no modelo a variável dummy para as espécies (DNSP) e nível de degradação do solo (DNIS). Constatou-se que todos os parâmetros estatísticos do modelo apresentaram um valor de t significativo (Prob.<0,0001), justificando a sua permanência no modelo original para a estimativa da altura dominante no tempo. Da mesma forma, a interação das variáveis dummy com o logaritmo da idade foi significativa. Isso confirma que as espécies de *Pinus elliottii* e o *Pinus taeda* apresentam formas

diferentes em nível e tendência do crescimento em altura dominante no tempo.

Assim, o modelo de crescimento em altura dominante em função da idade para as espécies de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* e níveis de degradação do solo em médio e baixo ficou sendo representado por:

$$\ln h_{100} = 0,9482 \cdot \ln I + 0,1109 \cdot (\ln I \cdot \text{DNSP}) - 0,2205 \cdot (\ln I \cdot \text{DNIS}) - 0,2459 \cdot \text{DNSP} + 0,7137 \cdot \text{DNIS}$$

Em que: h_{100} = altura dominante; I = idade; DNSP = variável dummy para espécies (*Pinus elliottii* = 0 e *Pinus taeda* = 1); DNIS = variável dummy para nível de degradação do solo (Médio = 0 e Baixo = 1).

Esse modelo de crescimento em altura dominante (h_{100}), expresso pela equação de Backmann modificada, é uma função da idade (I) e inclusão da variável dummy, o qual apresentou um excelente ajuste, com coeficiente de determinação igual a 0,9869, baixo erro padrão da estimativa, igual a 0,3004 e alta significância, com valor de F igual a 4968,81.

Para se ter uma ideia do potencial de crescimento médio em altura dominante do *Pinus elliottii*, plantados em solos arenizados e degradados pela ação antrópica na Fronteira Oeste, foi tomada como referência a idade de 20 anos e comparado seu crescimento médio da mesma espécie na região do Planalto Médio (SCHNEIDER, 1984) e em Encruzilhada do Sul (TONINI, 2000), no estado do RS. Como era esperado, na Fronteira Oeste, o crescimento em altura dominante encontrado no presente estudo foi de 18,3m., valor este muito inferior aos observados em Encruzilhada do Sul e no Planalto Médio, os quais atingiram em torno de 20,2m e 23,3m., respectivamente, aos 20 anos de idade.

Embora o crescimento em altura dominante por idade seja menor do que o potencial

de outras regiões do estado, como já demonstrado anteriormente, ele pode ser considerado, ainda, muito promissor, considerando as condições de baixa fertilidade dos solos arenizados, degradados e erodidos da região abordada neste estudo. Ao mesmo tempo, podem servir aos produtores como uma importante alternativa e estímulo ao desenvolvimento econômico e social dessa região.

CONCLUSÃO

As equações de crescimento em altura dominante em função da idade, ajustadas para a região estudada, apresentaram um bom ajuste e precisão estatística, sendo selecionado o modelo de Backmann modificado pela sua maior eficiência. O crescimento em altura dominante no tempo das espécies de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, quando comparadas e por níveis de degradação do solo arenizado, apresentou níveis e tendências diferentes, com maior desenvolvimento em solos com baixa degradação, indicando a presença de polimorfismo entre as curvas.

REFERÊNCIAS

- ALDER, D. **Forest volume estimation and yield prediction: yield prediction.** Roma: FAO, 1980. 2v.
- ASSMANN, E. **The principle of forest yield study.** Oxford: Pergamon, 1970. 506p.
- ELESBÃO, L.E.G. **Performance do *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. em áreas arenizadas e degradadas no Oeste do Rio Grande do Sul.** 2011. 155f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, RS.
- EMATER/UFRGS. **Classificação dos solos do estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: 2001. n.p.
- FURNIVAL, G.M. An index for comparing equations used in constructing volume tables. **Forest Science**, v.7, n.4, p.337-441, 1961.
- HANNAH, A.Y. et al. Soil available water as influenced by landscape position and aspect. **Agronomy Journal**, v.74, p.999-1004, 1982.
- LOETSCH, F. et al. **Forest inventory.** Berlim: BLV, 1973. 2v.
- NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil - Região Sul.** Rio de Janeiro: IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 1990. p.151-187.
- ONU. Convenção da ONU de combate à desertificação. Nairóbi, Quênia, 17 a 28, outubro, 2005. n.p.
- PRODAN, M. et al. **Mensura forestal.** San José, Costa Rica: IICA, 1997. 586p.
- REISSMANN, C.B.; WISNEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2005. p.135-166.
- RICHARDS, F.J. A flexible growth functions for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, v.10, n.2, p.290-301, 1959. Disponível em: <<http://jxb.oxfordjournals.org/content/10/2/290.full.pdf+html>>. Acesso em: 04 jan. 2013. doi: 10.1093/jxb/10.2.290.
- SAS Institute Inc. **Sas/Stat user's guide: statistics, Version 9.1.3.ed.** Cary, 2004. 1037p.
- SCHNEIDER, P.R. **Betriebswirtschaftliche und ertragskundliche grundlagen der forsteinrichtung in sudbrasiliens am beispiel von *Pinus elliottii*.** 1984. 190f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Freiburg.
- SCHNEIDER, P.R. et al. **Manual para coleta de informações dendrométricas.** Santa Maria: UFSM/CEPER/FATEC, 1988. 28p.
- SCHWEINGRUBER, F.H. **Tree rings and environment dendroecology.** Viena: Haupt, 1996. 609p.
- SILVA, J.A.S. da; BAILEY, R.L. Considerações teóricas sobre o uso concreto do Índice de Furnival na seleção de equações volumétricas. **Revista Árvore**, v.15, n.3, p.323-327, 1991.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics.** New York: McGraw Hill, 1960. 481p.
- SUERTEGARAY, D.M.A. O Rio Grande do Sul descobre os seus “desertos”. **Revista Ciência & Ambiente**, n.11, p.33-55, 1995.
- SUERTEGARAY, D.M.A. Erosão nos campos sulinos: arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, n.3, p.61-74, 2011.
- TONINI, H. **Crescimento em altura de *Pinus elliottii* Engelm., em três unidades de mapeamento de solo, nas regiões da Serra do Sudeste e Litoral, no estado do Rio Grande do Sul.** 2000. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, RS. UNCCD (UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION IN COUNTRIES). In those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. Geneve: Interim Secretariat for the Convention to Combat Desertification. Geneve Executive Center – C.P.76-1219, 1994. 71p.