

Acuracidade da distribuição diamétrica entre métodos de projeção em Floresta Ombrófila Mista

Accuracy of the diameter distribution of projection methods in Araucaria's Forest

Angelo Augusto Ebling^{I*} Luciano Farinha Watzlawick^I Aurélio Lourenço Rodrigues^I
Solon Jonas Longhi^{II} Régis Villanova Longhi^{II} Simone Filipini Abrão^{II}

RESUMO

O estudo tem como objetivo avaliar a acuracidade das projeções diamétricas em uma Floresta Ombrófila Mista, empregando os modelos da Matriz de Transição e Razão de Movimentação, aplicados em três amplitudes temporais (2, 3 e 4 anos), sendo utilizados duas amplitudes de classes diamétricas (5 e 10cm). Os dados utilizados no estudo são oriundos de parcelas permanentes instaladas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula – RS. A eficiência das projeções foi verificada com base nos valores observados, adotando-se os testes de Kolmogorov Smirnov e a análise de variância. Embora tenham sido influenciadas pelas Propriedades Markovianas, as projeções realizadas mostraram eficiência para descrever a estrutura futura da floresta, sendo o modelo da Razão de Movimentação o que gerou as projeções mais eficientes se comparada às projeções da Matriz de Transição. A amplitude temporal de 4 anos, associada à amplitude de classe diamétrica de 5cm, apresentou o resultado mais acurado do estudo, superestimando em 1,7% o número total de indivíduos da floresta.

Palavras-chave: floresta com araucária, matriz de transição, prognose, razão de movimentação.

ABSTRACT

This study aims to evaluate accuracy of projections in diametric Araucaria Forest, using models of the transition matrix and movement ratio, applied in three temporal amplitude (2, 3 and 4 years), and two employees amplitudes diameter classes (5 and 10cm). The information used in the study are from permanent plots established in the National Forest of São Francisco de Paula – RS. The efficiency of the projections was verified based on observed values, using Kolmogorov Smirnov test and analysis of variance. Although they have been influenced

by the Markovian properties, projections carried out showed efficiency to describe the future structure of the forest, but the model the movement ratio projections generated more efficient compared to those described by the transition matrix. The time span of 4 years applied the range of 5cm diameter class had the most accurate results of the study overestimated by 1.7% the total number of individuals in the forest.

Key words: mixed ombrophylous forest, movement ratio method, prognosis, transition matrix.

INTRODUÇÃO

Os modelos de crescimento e produção florestal, independentes de sua complexidade estrutural, têm o propósito de apresentar estimativas para um ponto específico do tempo (AVERY & BURKHART, 1994), sendo os modelos de distribuição diamétrica baseados em funções probabilísticas de distribuição os mais empregados.

A heterogeneidade de espécies e idades encontradas nas florestas naturais dificulta a aplicação dos modelos tradicionais, impossibilitando seu emprego (TEIXEIRA et al., 2007). Diferentes metodologias para gerar projeções em florestas heterogêneas estão descritas na literatura, e, dentre essas, pode-se citar os modelos da Matriz de Transição e Razão de Movimentação como as mais indicadas para tais fins.

^IPrograma de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná (UNICENTRO), BR 153, Km 7, 84500-000, Irati, PR, Brasil. E-mail: aebling@hotmail.com. *Autor para correspondência.

^{II}Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

Esses modelos aplicados em florestas naturais ou florestas sob o regime de manejo possibilitam regular o ciclo do corte para toda floresta ou alguma espécie em específico, verificar a economicidade da prática de manejo, racionalizar as técnicas de exploração, direcionar a aplicação de tratamentos silviculturais, bem como indicar se a floresta funciona como sumidouro ou fonte de carbono, além de outros critérios que auxiliam na tomada de decisões (SCOLFORO et al., 1998; PULZ et al., 1999; TEIXEIRA et al., 2007).

O modelo da Razão de Movimentação dos diâmetros é baseado na teoria de projeção das tabelas de povoamento aplicado às florestas naturais, em que o emprego do incremento diamétrico médio é a variável mais usual para gerar as estimativas. Nesse modelo, assume-se que as árvores estão distribuídas uniformemente no interior das classes, e que cada árvore cresce a uma taxa média (SCOLFORO et al., 1998).

A Matriz de Transição, também denominada de Cadeia de Markov ou Matriz de Usher (VANCLAY, 1994), é apropriada para análise de muitos problemas biológicos, dentre eles, os estudos relacionados com a dinâmica florestal. A Matriz de Transição pode ser considerada um processo estocástico, assumindo que uma árvore possui uma determinada probabilidade de permanecer ou migrar para outras classes de diâmetro (AUSTREGÉSILO et al., 2004).

Algumas limitações encontradas tanto pela Razão de Movimentação quanto pela Matriz de Transição referem-se ao período de projeção, que aceita somente valores múltiplos dos períodos empregados. Além disso, as projeções são dependentes da situação que a floresta se apresenta durante a coleta de dados aplicados nos modelos de projeção, sendo isso definido como Propriedades Markovianas (SCHNEIDER & FINGER, 2000).

A falta de estudos que avaliem o efetivo crescimento de florestas naturais ocasiona a generalização das práticas de manejo (PULZ et al., 1999). Isso denota a importância dos inventários contínuos com parcelas permanentes, capazes de descrever as alterações dinâmicas da floresta ao longo do tempo (SANQUETTA et al., 2009).

Poucos estudos foram aplicados visando à melhoria de estimativas quanto ao refinamento dos modelos de projeção diamétrica. Como exemplo disso tem-se o refinamento dos modelos empregando a avaliação de amplitudes diamétricas mais adequadas, funções de frequência do tipo Weibull e projeções individuais por espécie (SANQUETTA et al., 1995).

Com base no exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a acuracidade das projeções

da distribuição diamétrica, descrevendo a configuração mais eficiente para ser empregada na Floresta Ombrófila Mista.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Floresta Nacional (FLONA) de São Francisco de Paula, localizada na região Nordeste do estado do Rio Grande do Sul (29°24' e 29°27' de latitude Sul; 50°22' e 50°25' de longitude Oeste), na microrregião dos Campos de Cima da Serra (IBAMA, 2000). A FLONA tem como vegetação característica a Floresta Ombrófila Mista Montana (IBGE, 1992). O clima, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo "Cfb" (MORENO, 1961).

Os dados coletados são provenientes do Projeto Ecológico de Longa Duração (PELD) intitulado "*Conservação e Manejo Sustentável de Ecossistemas Florestais – Bioma Floresta de Araucária e suas Transições*". O projeto dispõe de uma rede de dez parcelas permanentes, com dimensão de 100m x 100m (1ha de área) cada, as quais foram inventariadas anualmente entre o período de 2000 a 2009, empregando amostragem com repetição total. Os modelos de projeção empregaram a estrutura original da floresta, em que todas as árvores inseridas dentro das parcelas, com diâmetro a altura do peito (DAP) maior ou igual a 9,5cm foram mensuradas. Também foram registrados os valores referentes aos recrutamentos e mortalidade para os mesmos períodos inventariados.

Os dados coletados foram agrupados em três amplitudes de amostragem temporal, de acordo com os anos inventariados. A primeira com dois anos (dados referentes entre os anos de 2000/2002), a segunda com três anos (2000/2003) e a terceira com quatro anos (2000/2004). A influência da amplitude das classes diamétricas foi testada por meio do emprego de duas classes diamétricas, uma com 5cm ($\lambda=5\text{cm}$) e outra com 10cm ($\lambda=10\text{cm}$). Logo, os modelos da Matriz de Transição e a Razão de Movimentação foram projetados para os anos de 2004, 2006 e 2008, para $\lambda=5\text{cm}$ e $\lambda=10\text{cm}$.

A Matriz de Transição foi construída com base na enumeração da migração ou permanência dos indivíduos em suas respectivas classes diamétricas, assim como o número de recrutamentos e mortalidades dentro de cada classe. A probabilidade de transição de cada período de projeção foi obtida por meio da matriz de probabilidade "G" (PULZ et al., 1999).

As projeções empregando o modelo da Razão de Movimentação foram realizadas pela quantificação do incremento periódico médio em

diâmetro, por classe de diâmetro, adicionando-se a isso os recrutamentos e descontando as mortalidades. A proporção de árvores que avançam para classes diamétricas subsequentes é definida como Razão de Movimentação.

A acuracidade das projeções foi avaliada pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (K-S) que avalia as distribuições cumulativas, sugerindo se as amostras procedem de populações iguais ou diferentes. Como o teste K-S avalia a maior diferença entre valores projetados e observados, acaba limitado nas primeiras classes diamétricas (maior frequência) e, devido a isso, a análise de variância (ANOVA) mostra-se uma ferramenta importante para complementar a avaliação das projeções.

Aplicando a ANOVA e empregando um delineamento de blocos casualizados, em que cada classe diamétrica representa um tratamento e valores observados e projetados pela Matriz de Transição e Razão de Movimentação representam um bloco, assume-se que a variância descrita entre os blocos indica significância ou não entre os valores observados e projetados. Por meio do teste de comparação de médias Tukey (95% de probabilidade de confiança) entre as médias dos blocos que apresentaram diferenças significativas e considerando as médias observadas como uma amostra testemunha, foram descritas quais as projeções apresentaram maior acuracidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que as projeções da distribuição diamétrica seguiram a mesma estrutura da floresta, com maior número de indivíduos nas menores classes, mantendo a estrutura típica de florestas naturais balanceadas não alteradas ("J" invertido) descrito por MEYER et al. (1961). Nas projeções realizadas para amplitude de classe diamétrica de 5cm, foram descritas 18 classes de frequência, sendo que a última classe pode ser considerada uma classe aberta, que abrange indivíduos cujo DAP $\geq 94,5$ cm, evitando, com isso, estados absorventes. Já para amplitude de classe diamétrica de 10cm, a distribuição das frequências diamétricas se deu em 12 classes, tornando mais generalista os processos dinâmicos dentro das classes, reduzindo a possibilidade de estados absorventes devido à maior frequência dentro de cada classe.

Para ambas as amplitudes de classe diamétrica, observou-se que a maioria das árvores apresentaram maior probabilidade de permanecer na mesma classe diamétrica, especialmente aquelas que

possuíam maiores diâmetros. Acentua-se a isto, a amplitude temporal empregada, sendo que, para amplitudes temporais menores, a probabilidade de migração de classe é menor, sendo o contrário observado para amplitudes temporais maiores.

O teste K-S indicou que a distribuição diamétrica projetada pelos dois métodos é similar à distribuição observada para todas as projeções. Nesse sentido, embora a Matriz de Transição tenha apresentado aderência de seus resultados, a Razão de Movimentação apresentou maior proximidade com os valores observados.

A análise de variância descreveu diferenças significativas entre blocos para a metodologia da Razão de Movimentação, para todos os anos projetados para amplitude de classe de 5cm e, para o ano de 2004, na amplitude de classe de 10cm. Para os anos de 2006 e 2008 (amplitude de 10cm), a ANOVA não apresentou diferenças significativas, indicando maior homogeneidade entre os valores calculados e observados (Tabela 1).

As projeções resultantes da Matriz de Transição apresentaram diferenças estatísticas quando comparadas com os valores observados na amplitude diamétrica de 5cm para todas as amplitudes temporais e, ainda, na amplitude diamétrica de 10cm para o ano de 2004 (Tabela 2). Observa-se que, para esses mesmos anos, a Matriz de Transição manteve médias inferiores quando comparadas com a Razão de Movimentação, subestimando os valores projetados.

A Razão de Movimentação apresentou semelhança estatística para amplitude de classe de 5cm nos anos de 2006 e 2008 e, para o ano de 2004, na amplitude de 10cm; sendo observada diferença significativa somente para projeção de 2004 na amplitude de classe de 5cm. Repetindo o que havia sido observado no teste de aderência, a Razão de Movimentação indicou ser a metodologia que assume melhor desempenho nas estimativas, inclusive apresentando melhores resultados quando realizadas projeções com maiores amplitudes temporais para base de cálculos.

Embora a análise de variância para amplitude de classe de 10cm nas projeções para 2006 e 2008 não tenha apresentado diferenças significativas entre blocos, a maior frequência de indivíduos nessa classe implica maiores valores relativos ao erro amostral (resíduos) e, conseqüentemente, maior proximidade estatística entre os modelos e valores observados. Isso também explica a razão pela qual a amplitude de classe de 5cm, mesmo rejeitando a hipótese de nulidade, apresentou estimativas totais mais próximas dos valores reais da floresta.

Tabela 1 - Análise de variância aplicada para médias projetadas e observadas na Floresta Ombrófila Mista de São Francisco de Paula – RS.

	-----GL-----		-----SQ-----		-----QM-----		-----F calculado-----	
	5 cm	10 cm	5 cm	10 cm	5 cm	10 cm	5 cm	10 cm
-----Projeção (2004)-----								
Bloco	2	2	35900,8	81531,1	17950,4	40765,5	8,3**	4,0*
Tratamento	17	11	27594755,7	51668148,8	1623221,8	4697104,4	755,3**	465,9**
Resíduo	34	22	73065,3	221806,0	2148,9	10082,1		
Total	53	35	27703721,8	51971485,9				
-----Projeção (2006)-----								
Bloco	2	2	91265,9	62684,6	45632,9	31342,3	9,6**	2,9 ^{ns}
Tratamento	17	11	28150419,0	53946477,3	1655907,0	4904225,2	346,8**	455,3**
Resíduo	34	22	162334,8	236984,5	4774,5	10772,0		
Total	53	35	28404020,7	54246146,5				
-----Projeção (2008)-----								
Bloco	2	2	183970,1	142637,5	91985,1	71318,8	10,5**	3,2 ^{ns}
Tratamento	17	11	26567502,1	48651144,9	1562794,2	4422831,4	179,3**	201,6**
Resíduo	34	22	296292,5	482662,6	8714,5	21939,2		
Total	53	35	27047764,8	49276445,1				

Em que: GL = Graus de liberdade; QM = Quadrado médio; F calculado = Valor de F calculado; Tratamentos = classes diamétricas; Blocos = valores observados e projetados pela Razão de Movimentação e Matriz de Transição.

** significativo em nível de 1% de probabilidade.

* significativo em nível de 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo.

Como observado na tabela 3, para amplitude de classe de 5cm, o método da Razão de movimentação apresentou valores crescentes quanto ao número total de indivíduos, sendo que a projeção realizada para o ano de 2008 foi a que apresentou maior proximidade com os valores observados (variação de 1,7% entre valores observados e projetados). Por outro lado, as projeções pela Matriz de Transição apresentaram um decréscimo quanto ao número de indivíduos, já que,

ao contrário do que foi observado na Razão de Movimentação, a maior amplitude temporal resultou em estimativas com maior distância dos valores observados (26,8% de variação). SANQUETTA et al. (1995), empregando a Matriz de Transição em uma floresta no Japão, encontrou variações entre 1% a 5% (empregando amplitude temporal de três anos), considerando as projeções suficientes para sustentar planos de manejo com eficiência. PULZ et al. (1999), empregando os mesmos modelos desse trabalho, descreveu como eficiente a estimativa para o número total de árvores (empregando amplitude de classe de 5cm) em remanescente de Floresta Semidecídua Montana.

Considerando a amplitude de classe de 10cm (Tabela 4), percebe-se que as projeções determinaram estimativas menos precisas se comparadas à amplitude de 5cm. A Razão de Movimentação manteve melhores estimativas que a Matriz de Transição, exceto para a projeção de 2006, em que esta apresentou variação de 12% entre o valor observado e projetado e a Razão de Movimentação apresentou 14,2%. A melhor projeção para amplitude de classe de 10cm ocorreu para o ano de 2004 (variação de 2,5% empregando a Razão de Movimentação), sendo a projeção descrita pela Matriz de Transição no ano de 2008 (variação de 23%) a menos acurada. A distribuição diamétrica entre classes para

Tabela 2 - Teste de médias aplicado entre valores observados e projetados para Floresta Ombrófila Mista de São Francisco de Paula – RS.

	Amplitude de classe diamétrica 5cm		
	2004	2006	2008
Observados	437,72 ^a	445,61 ^a	446,89 ^a
Matriz de transição	375,06 ^b	348,04 ^b	327,14 ^b
Razão de movimentação	399,52 ^b	418,39 ^a	454,67 ^a
-----Amplitude de classe diamétrica 10cm-----			
	2004	2006	2008
Observados	656,58 ^a	668,42 ^{ns}	670,33 ^{ns}
Matriz de transição	548,51 ^b	588,44 ^{ns}	516,25 ^{ns}
Razão de movimentação	640,39 ^{a,b}	573,30 ^{ns}	598,22 ^{ns}

* médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Tukey em 95% de probabilidade de confiança.

^{ns} Não significativo em 95% de probabilidade de confiança.

Tabela 3 - Frequência dos valores observados e projetados (ha) para os anos 2004, 2006 e 2008 empregando a Matriz de transição e Razão de Movimentação para amplitude de classe diamétrica de 5cm, para a Floresta Ombrófila Mista de São Francisco de Paula - RS.

Classes diamétricas	-----Amplitude de classe diamétrica de 5cm-----								
	2004			2006			2008		
	Obs	MaTr	RaMo	Obs	MaTr	RaMo	Obs	MaTr	RaMo
9,5≥14,4	305	298	288	320	288	294	320	276	288
14,5≥19,4	156	123	143	155	114	155	157	107	140
19,5≥24,4	91	73	82	90	64	85	91	58	84
24,5≥29,4	67	52	59	66	47	64	65	45	76
29,5≥34,4	43	34	38	43	29	39	44	24	64
34,5≥39,4	29	23	26	31	21	27	31	18	45
39,5≥44,4	22	17	19	21	14	20	22	14	29
44,5≥49,4	17	14	16	18	12	18	17	11	20
49,5≥54,5	16	12	13	15	10	14	15	10	18
54,5≥59,4	12	9	10	12	9	12	13	7	14
59,5≥64,4	10	7	8	10	6	8	11	6	13
64,5≥69,4	5	5	6	7	5	6	7	4	8
69,5≥74,4	6	4	4	4	3	4	4	3	7
74,5≥79,4	3	3	3	4	2	4	4	2	5
79,5≥84,4	2	1	1	2	1	1	2	1	4
84,5≥89,4	2	1	1	2	1	2	2	1	2
89,5≥94,4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
≥ 94,5	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	788	675	719	802	626	753	804	589	818

Em que: Obs = valores observados para a floresta; MaTr = valores projetados pelo modelo Matriz de Transição; RaMo = Valores projetados pelo modelo Razão de Movimentação.

amplitude de classe de 10cm apresentou menor acuracidade quando comparada com a amplitude de 5cm, que também revela melhores projeções entre classes diamétricas pelo modelo da Razão de movimentação.

A análise gráfica pode ser empregada como ferramenta complementar na tomada de decisão quanto à escolha do modelo de projeção mais eficiente, em que a maior similaridade ou sobreposição entre curvas de frequência projetadas e observadas indicam melhores estimativas. Porém, a escala empregada por essa ferramenta deve contemplar todas as classes diamétricas projetadas, pois a maior frequência em classes diamétricas inferiores pode dificultar a avaliação nas classes diamétricas superiores de menor frequência.

As taxas de incremento nas classes diamétricas foram capazes de gerar estimativas mais próximas dos valores observados da floresta quando comparada às funções probabilísticas de Markov. O mesmo caso não foi observado por TEIXEIRA et al. (2007), já que os autores descrevem que a Matriz de Transição é o modelo que melhor se ajusta para a predição na Floresta Amazônica. Nesse sentido,

AUSTREGÉSILO et al. (2004), analisando a projeção pelo modelo da Razão de Movimentação, Wahlenberg e Matriz de Transição em floresta secundária com amplitude diamétrica de 5cm, verificaram eficiência nas estimativas quanto ao número médio de árvores, sendo que nenhum dos modelos mostrou eficiência na estimativa da distribuição diamétrica em classes. MENON et al. (2010) descreveu que a Matriz de Transição mostrou de maneira clara e simples os processos dinâmicos da Floresta Ombrófila Mista, empregando amplitude de classe igual a 10cm e amplitude temporal de três anos.

Esses diferentes estudos indicam as peculiaridades de cada modelo, denotando como a eficiência das projeções é limitada aos fatores relacionados à configuração de dados empregados, à vegetação em estudo. Além disso, as Propriedades Markovianas também justificam a irregularidade nas projeções relacionadas com a amplitude temporal empregada. Como observado, amplitudes de tempo menores (empregando 2 anos) não apresentaram necessariamente as melhores projeções, já que a maior amplitude temporal testada apresentou melhor estimativa (empregando 4 anos).

Tabela 4 - Frequência dos valores observados e projetados (ha) para os anos 2004, 2006 e 2008 empregando a Matriz de transição e Razão de Movimentação para amplitude de classe diamétrica de 10cm, para a Floresta Ombrófila Mista de São Francisco de Paula, RS.

Classes diamétricas	-----Amplitude de Classe diamétrica de 10cm-----								
	2004			2006			2008		
	Obs	MaTr	RaMo	Obs	MaTr	RaMo	Obs	MaTr	RaMo
9,5≥19,4	462,0	400,1	443,2	475,1	445,1	426,5	476,5	391,0	399,8
19,5≥29,4	157,4	123,4	158,9	156,0	127,8	99,8	155,0	111,0	157,2
29,6≥39,5	73,6	58,2	71,5	73,8	59,1	66,2	74,7	50,9	69,2
39,5≥49,4	38,1	30,5	39,7	38,9	29,9	40,0	39,0	26,0	38,2
49,5≥59,4	27,6	22,0	26,6	27,8	21,0	26,7	27,5	19,7	25,9
59,5≥69,4	16,1	12,9	15,4	16,9	12,7	15,8	17,7	12,1	14,9
69,6≥79,5	7,8	6,6	8,1	7,9	6,3	8,2	8,1	5,2	7,6
79,5≥89,4	3,4	2,3	3,3	3,7	2,0	3,2	3,5	2,0	3,3
89,6≥99,5	1,1	1,4	0,9	1,2	1,5	0,9	1,4	0,8	0,9
99,5≥109,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,6	0,3	0,4
109,5≥119,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2
≥119,5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3
Σ	788	658	769	802	706	688	804	620	718

Em que: Obs = valores observados para a floresta; MaTr = valores projetados pelo modelo Matriz de transição; RaMo = Valores projetados pelo modelo Razão de movimentação.

Com base na amplitude diamétrica, as duas amplitudes testadas demonstraram-se eficientes, conforme a análise de variância, porém, o número total de indivíduos da floresta é descrito com maior acuracidade pela amplitude de 5cm, sendo que esta também foi capaz de descrever de maneira mais eficiente a distribuição diamétrica entre classes. No entanto, as projeções feitas pelas duas amplitudes foram menos eficientes para as classes diamétricas inferiores, sendo estas mais fortemente influenciadas pelos recrutamentos e mortalidade potencializadas pela maior frequência de árvores.

CONCLUSÃO

A acuracidade das estimativas está intimamente ligada às formas de emprego do modelo e suas configurações. O teste Kolmogorov-Smirnov apresentou aderência para as duas metodologias empregadas. Todavia, a projeção mais acurada foi descrita pela Razão de Movimentação empregando amplitude de classe diamétrica de 5cm e amplitude temporal de 4 anos, capaz de gerar melhores estimativas totais e também para frequências de classes diamétricas.

As maiores distâncias entre valores observados e projetados foram encontrados nas classes diamétricas inferiores, nas quais são encontradas as maiores frequências de indivíduos, além

de a dinâmica florestal ser mais intensa nessas classes. Somam-se a isso as propriedades Markovianas, que podem interferir nas projeções potencializando os erros de estimativas.

REFERÊNCIAS

- AUSTREGÉSILO, S.L. et al. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Estacional Semidecidual secundária. **Revista Árvore**, v.28, n.2, p.227-232, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622004000200009&script=sci_arttext>. Acesso em: 18 ago. 2011. doi: 10.1590/S0100-67622004000200009.
- AVERY, T.E.; BURKHART, H.E. **Forest management**. New York: McGraw-Hill, 1994. 4v.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. **Floresta Nacional de São Francisco de Paula – RS**. Brasília: IBAMA, 2000. 6p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de geografia e estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 92p. (Série Manuais Técnicos em Geociências 1).
- MENON, M.U. et al. Matriz de transição para predição de distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati (PR). **Ambiência**, v.6, n.2, p.271-280, 2010.
- MEYER, A.H. et al. **Forest management**. New York: The Ronald, 1961. 2v.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

PULZ, F.A. et al. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma Floresta inequiânea com a Matriz de Transição. **Cerne**, v.5, n.1, p.01-14, 1999.

SANQUETTA, C.R. et al. Predição da distribuição diamétrica, mortalidade e recrutamento de floresta natural com matriz Markoviana de potência. **Floresta**, v.24, n.1/2, p.23-26, 1995.

SANQUETTA, C.R. et al. **Inventários florestais: planejamento e execução**. 2.ed. Curitiba: Multi-Graphic, 2009. 316p.

SCHNEIDER, P.R; FINGER, C.A.G. **Manejo sustentado de florestas inequiâneas heterogêneas**. Santa Maria: CEPEF, 2000. 195p.

SCOLFORO, J.R. et al. Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e análise estrutural. In: SCOLFORO, J.R. **Manejo florestal**. Lavras: FAEPE, 1998. Cap. 5, p.189-246.

TEIXEIRA, L.M. et al. Projeção da dinâmica da floresta natural de Terra-firme, região de Manaus - AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. **Acta Amazonica**, v.37, n.3, p.377-384, 2007.

VANCLAY, J.K. **Modelling Forest growth and yield: applications to mixed tropical forests**. Wallingford: CAB International, 1994. 312p.