Silva Lusitana ***10****(1): 63 - 71, 2002*
© EFN, Lisboa. Portugal

Tabela de Produção para o Pinhal do Vale do Tâmega

Adelina M. Moreira* e Teresa F. Fonseca**
*Engenheira Florestal
**Assistente
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Departamento Florestal,
Quinta de Prados, 5000-911 VILA REAL

Sumário: Com base em dados recolhidos em parcelas de amostragem instaladas na região do Vale do Tâmega, procedeu-se ao desenvolvimento de tabelas de produção para o pinheiro bravo. As variáveis de controlo do modelo de produção dizem respeito ao índice de qualidade e ao factor de espaçamento de Wilson.

O diâmetro médio e o volume do povoamento antes do desbaste são determinados através de equações com estrutura semelhante às propostas por HALL e MARTINS (1986) para a região Centro Litoral. O diâmetro médio do povoamento secundário é estimado a partir do diâmetro médio do povoamento antes do desbaste, do número de árvores removidas e da razão entre o número de árvores removidas e o número de árvores em pé. A equação estabelecida para avaliação do volume retirado em desbaste é função do diâmetro médio e do número de árvores removidas.

A produção total é calculada a partir do conhecimento do volume dos povoamentos principal e secundário e, com base naquele valor, são determinados os acréscimos corrente e médio anual. Os resultados encontram-se discriminados em três tabelas, de acordo com o nível de qualidade considerado (inferior, médio e superior).
Palavras-chave: modelo de produção, silvicultura média, pinheiro bravo

Abstratct: Data collected on sampling plots located in the Tâmega valley were used to develop yield tables for maritime pine. The control variables of this model refer to the site quality index and the Wilson spacing index.

Mean diameters and stand volume before thinning are determined by modified versions of the equations proposed by HALL and MARTINS (1986) for the central coastal region of Portugal. The mean diameter of removed trees is estimated according to the mean diameter before thinning, the number of removed trees and the ratio between removed trees and the number of trees before thinning. The equation established for the prediction of the volume removed by thinning is a function of the mean diameter and the number of removed trees.

Predicted removed and remaining volumes allow the calculation of the total production and, thereafter, the determination of current and mean annual increments. The results are indicated in three tables, according to the site quality level (low, medium and high).
Key words: yield model, average silviculture, maritime pine

Résumé: À partir des données récoltées au sein des placettes d'échantillon situées dans la vallée du Tâmega, on a développé des tables de production pour le pin maritime. Les variables déterminantes dans ce modèle de production concernent la classe de fertilité et le facteur

2º Autor E-mail: tfonseca@utad.pt

d'espacement de Wilson.

Le diamètre quadratique moyen et le volume du peuplement avant éclaircie sont determinés à partir des équations qui ressemblent à celles proposées par HALL et MARTINS (1986) pour la région du centre-littoral. Le diamètre moyen des arbres prélevés en éclaircie est estimé à partir du diamètre moyen des arbres du peuplement avant éclaircie, du nombre de tiges enlevées dans l'éclaircie et du rapport qui existe entre le nombre de tiges enlevées et le nombre de tiges du peuplement avant éclaircie. L'équation établie pour déterminer le volume de l'éclaircie dépend du diamètre quadratique moyen et du nombre d'arbres prélevé dans l'éclaircie.

Après avoir estimé le volume du peuplement principal et les volumes enlevés par les éclaircies, on peut calculer la production totale en volume. Ensuite, à l'aide de cette information on peut déterminer les accroissements courant et moyen annuel. Les resultats sont presentés dans trois tableaux selon le niveau de qualité de la station (inférieur, moyen et supérieur).
Mots clés: modèle de production; sylviculture moyenne; pin maritime

Introdução

As tabelas de produção constituem uma ferramenta base no domínio da gestão florestal, dado facultarem a predição da produção dos povoamentos ao longo do tempo e servirem de orientação para a condução dos mesmos. Compilações efectuadas por SILVA *et al*. (1991) e por FERREIRA (1999) atestam a existência de diversos modelos de produção deste tipo para o pinheiro bravo no nosso País, mas nenhum deles abrangendo especificamente a região do Vale do Tâmega. Atendendo à importância económica que a espécie assume na região, procedeu-se, no âmbito do projecto PAMAF 4004, à construção de tabelas de produção para os pinhais do Tâmega. Na elaboração das tabelas foram considerados os três sistemas de relações que definem, como refere RONDEAUX (1999), o estado dos povoamentos, a produtividade das estações e a silvicultura praticada. Na modelação das relações de descrição dos povoamentos recorreu-se a informação dendrométrica obtida em parcelas de amostragem, sem avaliações de acréscimos. As variáveis utilizadas para esse fim foram a idade, altura dominante, diâmetro médio, área basal, número de árvores por hectare e volume. Em relação à produtividade recorreu-se a relações já estabelecidas por MARQUES (1987) para a área de estudo, nomeadamente equações para avaliação do índice de qualidade de estação e predição da altura dominante dos povoamentos. A caracterização do tipo de silvicultura praticada assentou na definição da rotação e intensidade dos desbastes.

Com base nas relações enunciadas procedeu-se à estruturação das tabelas, tendo sido considerados três níveis de qualidade (inferior, médio e superior) definidos pela altura dominante à idade de referência de 35 anos.

Material e métodos

Material

A modelação da produção teve como suporte material a base de dados estabelecida no âmbito do projecto PAMAF 4004, pelas duas instituições (UTAD e DRATM) participantes no projecto. Esta base inclui medições efectuadas nas últimas duas décadas em parcelas de amostragem temporárias e permanentes localizadas na região do Vale do Tâmega (Figura 1).

No Quadro 1 faz-se a caracterização,

em termos de valores médios e coeficiente de variação, dos parâmetros idade (t), altura dominante (hd), número de árvores por hectare (N), diâmetro médio (dg), área basal (G) e volume (V), de acordo com a classificação do nível de qualidade. O índice de qualidade (SI) foi determinado por aplicação da equação desenvolvida por MARQUES (1987), que considera como idade de referência os 35 anos:

$$SI = 17{,}38 - \left[\exp\left(4{,}04764 - \frac{8{,}75819}{t^{0{,}56087}}\right) - hd\right] \times$$
$$\times (0{,}865685 - 0{,}00804747\ t + 0{,}000994305\ t^2 - \quad (1)$$
$$- 0{,}0000187066\ \ t^3)$$

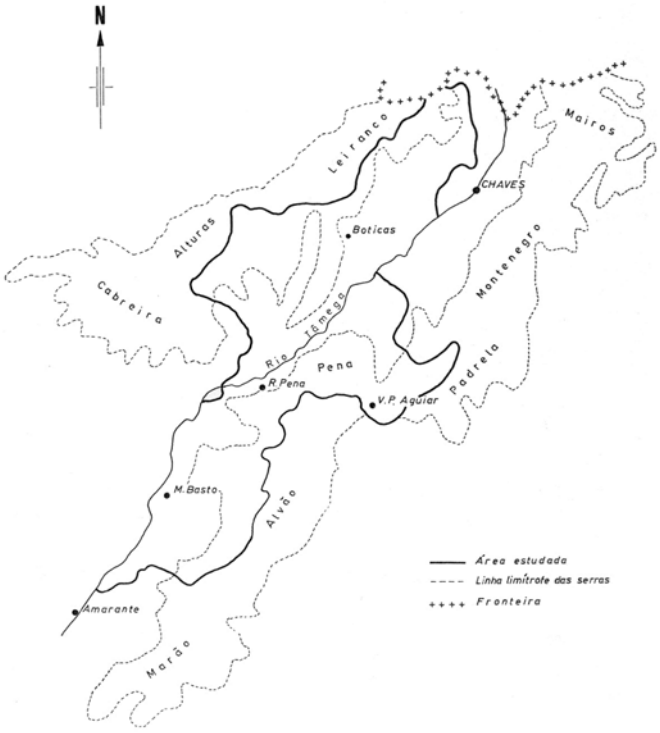


Figura 1 - Delimitação da área de estudo. [Fonte: Marques, 1987]

Quadro 1 - Caracterização sumária dos dados por nível de qualidade

Nível de Qualidade			
Parâmetros	**Inferior** (10 < SI ≤ 14m)	**Médio** (14 < SI ≤ 18m)	**Superior** (SI > 18m)
t (anos)	35 (20,6%)§	35 (29,3%)	35 (28,1%)
hd (m)	12,2 (17,2%)	15,4 (23,5%)	19,2 (19,8%)
N (árv./ha)	1086 (61,9%)	1038 (68,9%)	951 (83,1%)
dg (cm)	18,9 (24,5%)	21,7 (32,1%)	24,6 (30,7%)
G (m^2/ha)	25,4 (36,0%)	29,3 (31,6%)	32,9 (24,4%)
V (m^3/ha)	149,3(39,1%)	211,2 (41,2%)	295,0 (35,4%)

§ Valores médios e coeficiente de variação (dentro de parêntesis)

Metodologia

Para o desenvolvimento do modelo ajustaram-se diversas equações, algumas das quais incluídas em modelos de produção estabelecidos por outros autores (CARRASCALÃO, 1969; DÉCOURT e LEMOINE, 1969; OLIVEIRA, 1985; HALL e MARTINS, 1986; ABEJON e LORANCA, 1989 e SILVA, 1989) e procedeu-se à análise estatística das equações candidatas. Para estimação da altura dominante dos povoamentos recorreu-se directamente à equação estabelecida para a região por MARQUES (1987). A determinação do número de árvores em pé baseou-se num regime de condução cultural correspondente a um valor de factor de Wilson igual a 0,23, consistente com a silvicultura média praticada na região.

Para efeito de modelação dos parâmetros do povoamento secundário foram usadas observações referentes a 28 parcelas, para as quais se dispunha de informação colhida em autos de marca.

A metodologia seguida posteriormente, aquando da estruturação dos resultados em forma tabelar, consistiu no cálculo dos valores das variáveis que reflectem as diversas relações inerentes à evolução dos povoamentos, atendendo aos conceitos de povoamento em pé (antes e após o desbaste), povoamento secundário (material removido em desbaste) e povoamento total.

Resultados

Relações fundamentais

As componentes do modelo de produção que serviram de suporte à construção das tabelas, encontram-se definidas pelo conjunto de relações a seguir mencionado. As equações seleccionadas para determinação do diâmetro médio e do volume do povoamento antes do desbaste constituem sub-modelos das apresentadas por HALL e MARTINS (1986). Para estimação do diâmetro médio e do volume que sai em desbaste desenvolveram-se novas equações. Assim, o diâmetro médio do povoamento secundário (dg_d) é função do diâmetro médio do povoamento antes do desbaste (dg), do número de árvores removidas (N_d) e da razão entre o número de árvores removidas e o número de árvores em pé (N). Entretanto, o volume do povoamento secundário (V_d) é estimado a partir do diâmetro médio (dg_d) e do número de árvores removidas em desbaste (N_d). Deste modo, tem-se:

Altura dominante

$$hd = \exp\left(4{,}04764 - \frac{8{,}75819}{t^{0{,}56087}}\right) + 1{,}19874 \left[1 - \exp(-0{,}081t)\right]^{2{,}99578} (SI - 17{,}38) \quad (2)$$

MARQUES (1987)

Número de árvores em pé

$$N = \frac{10^4}{(Fwxhd)^2} \qquad (\text{com } Fw=0{,}23) \quad (3)$$

Diâmetro médio do povoamento antes do desbaste

$$dg = -7{,}5886 + 0{,}6547hd + 0{,}3669t + \frac{299{,}909}{\sqrt{N}} - 0{,}003528t^2 \quad (4)$$

(n = 344 obs., s_{yx} = 2,370 cm; R^2 = 0,879)

Volume do povoamento antes do desbaste

$$V = 0{,}2768G + 0{,}4376(G \times hd) \quad (5)$$

(n = 253 obs., s_{yx} = 14,286 m^3/ha; R^2 = 0,996)

Diâmetro médio do povoamento secundário

$$dg_d = 6{,}3167 + 0{,}01803\, dg^2 - 0{,}005994\, N_d + 18{,}1328\frac{N_d}{N} \quad (6)$$

(n = 28 obs., s_{yx} = 1,169 cm; R^2 = 0,927)

Volume do povoamento secundário

$$V_d = -0{,}03896\, N_d + 0{,}0006721(dg_d^2 x N_d) \quad (7)$$

(n = 28 obs., s_{yx} = 5,087 m^3/ha; R^2 = 0,985)

Nas Figuras 2 e 3 encontram-se representados os gráficos relativos às funções 4, 5, 6 e 7, os quais permitem a análise visual do comportamento das funções apresentadas para dg, V, dg_d e V_d.

A análise dos gráficos dos resíduos sobre os valores estimados (Figura 2) indicia a inexistência de heterocedasticidade e a ausência de subespecificação das funções.

Com base na análise visual é possível, todavia, detectar algumas observações que envolvem resíduos de magnitude elevada, nomeadamente para a função correspondente ao volume do povoamento antes do desbaste (V). A identificação na base de dados dessas observações revelou tratar-se de eventos correctos, embora pouco usuais, pelo que se optou por não proceder à respectiva exclusão.

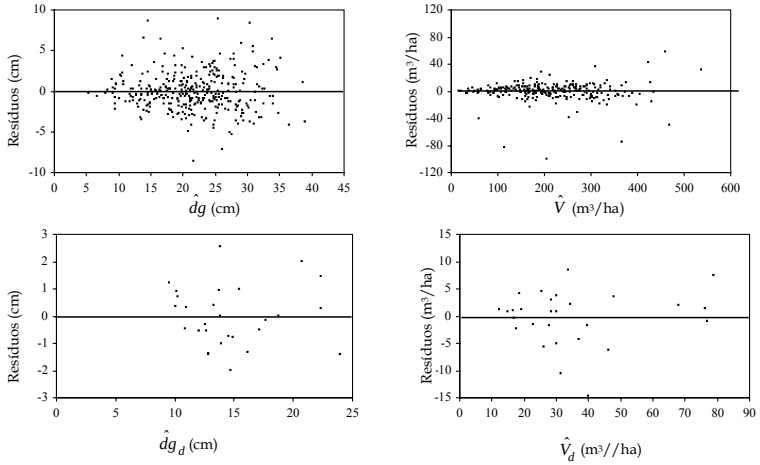


Figura 2 - Representação gráfica dos resíduos relativamente aos valores estimados

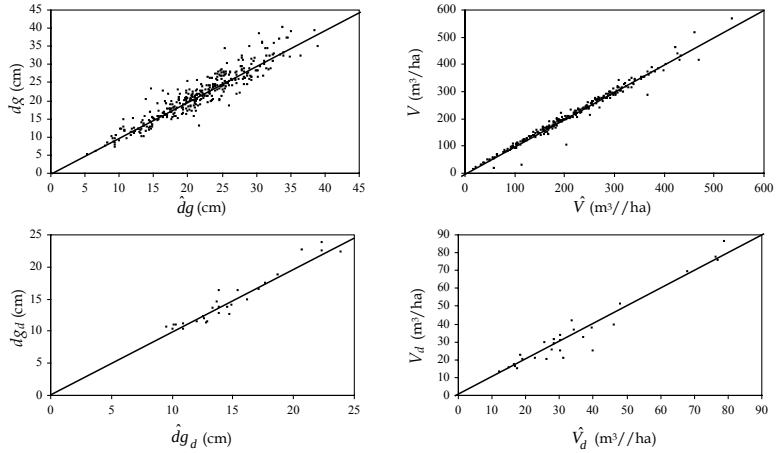


Figura 3 - Representação gráfica dos valores observados em relação aos valores estimados

A ausência de enviesamento sistemático dos valores estimados relativamente aos valores observados, patenteada na Figura 3, confirma a adequação das funções seleccionadas neste estudo, para estimação do diâmetro médio e volume do povoamento antes do desbaste e do povoamento secundário.

Estruturação das tabelas

Com base no conjunto de relações indicadas procedeu-se à construção das tabelas de produção para os três níveis de qualidade (inferior, médio e superior), de que se dá conta em anexo. Na elaboração das tabelas considerou-se uma densidade inicial de 2200 árv./ha, concordante com os valores médios detectados na base de dados para as classes de idade mais baixas. Os intervalos de variação do parâmetro idade conduziram à selecção dos 20 anos como idade de partida no nível inferior e dos 15 anos nos níveis médio e superior. Os valores de altura dominante (hd) foram obtidos, como já referido, por aplicação da equação elaborada por MARQUES (1987). A partir do conhecimento, para uma dada idade, da altura dominante e da densidade dos povoamentos procedeu-se à estimação do valor de *dg* referente à situação antes do desbaste (Equação 4). A área basal (*G*) foi calculada através da expressão: $G = \pi/40000(dg^2 N)$, e o volume do povoamento antes do desbaste foi determinado por aplicação da Equação 5.

Relativamente às intervenções culturais, pressupôs-se um primeiro desbaste aos 15 anos e fixou-se a rotação em 5 anos. O número de árvores remanescentes após a intervenção cultural (N'), resultou da aplicação da relação indicada na Equação 3, dado ter-se recorrido ao factor de Wilson para definir a densidade dos povoamentos. O número de árvores removidas (N_d) à idade *t* obteve-se por diferença entre o número de árvores em pé antes (N) e após o desbaste (N'). Note-se que, como consequência directa do desbaste, o valor de N, à idade t+5, é igual ao valor de N' à idade t. Conhecidos os valores de N, N_d e dg, procedeu-se à estimação do diâmetro médio e do volume das árvores removidas no desbaste (Equações 6 e 7, respectivamente). Os limites de aplicabilidade das referidas equações condicionaram a idade da primeira intervenção nos níveis de qualidade inferior e médio, tendo-se fixado essa intervenção aos 25 anos para o primeiro caso e aos 20 anos para o segundo.

A área basal e o volume do povoamento após o desbaste (G' e V') foram determinados retirando aos respectivos valores iniciais (G e V) os valores removidos na operação cultural (G_d e V_d). Conhecendo o valor de N' e de G' pôde proceder-se ao cálculo do diâmetro médio do povoamento remanescente através da expressão: $dg' = \sqrt{(400000/\pi)(G/N)}$.

A produção total (VT), expressa em volume por unidade de superfície, foi calculada a partir do volume do povoamento remanescente à idade *t* e da acumulação dos volumes removidos nos cortes culturais até essa idade. Com base nos valores de produção total determinaram-se os acréscimos médio anual e corrente (*ama* e *ac*, respectivamente), definidos por:

$$ama = \frac{VT}{t}$$

$$ac = \frac{VT_{t+5} - VT_{t-5}}{10}$$

Considerando-se como termo de explorabilidade absoluta a idade a que o acréscimo médio anual é máximo e coincidente com o acréscimo corrente, os resultados apontam para uma idade de revolução próxima dos 50 anos quando o nível de qualidade em que vegeta a espécie é mais baixo, reduzindo-se esse valor para cerca de 40 anos nos níveis médio e superior.

Os diversos parâmetros focados, associados aos povoamentos antes e após o desbaste, secundário e total, encontram-se expostos nas tabelas de produção apresentadas em anexo.

Considerações finais

As tabelas aqui apresentadas, ao pretenderem traduzir o desenvolvimento de povoamentos sujeitos a um regime de desbaste que é consistente com a silvicultura média praticada, permitem dotar os utilizadores de um meio simples para previsão da produção lenhosa dos pinhais ao longo do tempo e orientação acerca da rotação economicamente mais adequada. Constituindo o primeiro modelo deste tipo a ser elaborado para a região, espera-se que sirva de apoio à gestão dos povoamentos de pinheiro bravo localizados na região do Vale do Tâmega.[1]

Agradecimentos

Este estudo foi efectuado com o financiamento concedido pelo INIA no âmbito do projecto PAMAF IED - 4004 - - "Ordenamento de povoamentos de pinheiro bravo na região do Alto Tâmega". Agradecemos ao responsável pelo projecto, Prof. Carlos Pacheco Marques, todos os meios disponibilizados para a execução deste trabalho bem como a revisão crítica do texto. Manifestamos igualmente o nosso apreço ao Eng. Calçada Duarte, pelo interesse com que acompanhou este estudo, e a todos os que contribuiram para a criação da base de dados utilizada.

Bibliografia

ABEJON, J.L.G., LORANCA, J.A.G., 1989. Tablas de producción de densidad variable para Pinus pinaster Ait. en el sistema Central. Comunicación INIA. Serie Recursos *Naturales* **47** : 45pp.

CARRASCALÃO, M.V., 1969. *Tabelas empíricas de produção para o pinheiro bravo (Mata Nacional de Leiria)*. Relatório Final do Curso de Engenheiro Silvicultor. UTL, ISA, Lisboa, 106 pp.

DÉCOURT, N., LEMOINE, B., 1969. Le pin maritime dans le Sud-Ouest de la France. Tables de production provisoires. *Ann. Sci. Forest*. **26**(1) : 3-44.

FERREIRA, C.S.M., 1999. *Revisão de modelos de produção estabelecidos para povoamentos de* Pinus pinaster *Ait. - aplicação ao Vale do Tâmega*. Relatório final de estágio. UTAD, Vila Real, 98 pp.

HALL, A.S., MARTINS, L.S., 1986. A previsão do volume do povoamento total - um estudo para o pinheiro bravo. In *Comunicações do 1º Congresso Florestal Nacional*, SPCF, Lisboa, pp. 71-77.

MARQUES, C.P., 1987. *Qualidade das estações florestais. Povoamentos de pinheiro bravo no Vale do Tâmega*. Tese de doutoramento. UTAD, Vila Real, 201 pp.

OLIVEIRA, A.C., 1985. *Tabela de produção geral para o pinheiro bravo das regiões montanas e submontanas*. INIC, DGF, Lisboa, 38 pp.

[1] Os interessados em receber as tabelas já estruturadas em folha de cálculo Excel podem solicitar uma cópia à segunda autora.

RONDEUX, J., 1999. *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. Les Presses Agronomiques de Gembloux, 521 pp.

SILVA, R., 1989. *Gestão dinâmica de povoamentos florestais. Um modelo de simulação para os povoamentos de pinheiro bravo das dunas do litoral entre Mondego e Douro*. Dissertação apresentada para efeitos de acesso à categoria de Investigador Auxiliar. INIA/ /EFN, Lisboa, 193 pp.

SILVA, R., PÁSCOA, F., MARQUES, C.P., 1991. Modelação da dinâmica dos povoamentos de pinheiro bravo. In *Comunicações do I Encontro Sobre Pinhal Bravo, Material Lenhoso e Resina*, SPCF/ESAC/CFC, Coimbra, pp. 123-130.

Entregue para publicação em Janeiro de 2001
Aceite para publicação em Agosto de 2001

Anexo

Tabelas de produção provisórias para o Pinheiro Bravo (Região do Vale do Tâmega)

Nível de Qualidade Inferior (SI= 12m)

Povoamento antes do desbaste						Povoamento secundário				Povoamento após o desbaste				Povoamento total		
t	**hd**	**N**	**dg**	**G**	**V**	**N_d**	**dg_d**	**G_d**	**V_d**	**N'**	**Dg'**	**G'**	**V'**	**VT**	**ama**	**ac**
20	7,9	2200	9,9	16,9	62,8									62,8	3,1	
25	9,3	2200	11,9	24,4	106,7	36	8,9	0,2	0,5	2164	11,9	24,2	106,2	106,7	4,3	9,6
30	10,7	2164	13,7	31,9	158,4	516	10,9	4,8	21,4	1647	14,5	27,1	137,1	159,0	5,3	10,2
35	12,0	1647	16,2	33,9	187,2	335	12,7	4,2	23,3	1313	16,9	29,6	163,9	209,1	6,0	9,7
40	13,2	1313	18,4	34,8	211,0	231	14,2	3,7	22,4	1082	19,1	31,1	188,7	256,2	6,4	8,9
45	14,4	1082	20,3	35,0	230,0	166	15,5	3,2	20,5	915	21,1	31,9	209,5	297,6	6,6	7,6
50	15,5	915	22,0	34,7	244,2	124	16,7	2,7	18,5	791	22,7	32,0	225,8	332,4	6,6	6,3
55	16,5	791	23,4	33,9	253,9	95	17,8	2,3	16,4	697	24,0	31,6	237,6	360,5	6,6	

Nível de Qualidade Médio (SI= 16m)

Povoamento antes do desbaste						Povoamento secundário				Povoamento após o desbaste				Povoamento total		
t	**hd**	**N**	**dg**	**G**	**V**	**N_d**	**dg_d**	**G_d**	**V_d**	**N'**	**Dg'**	**G'**	**V'**	**VT**	**ama**	**ac**
15	7,8	2200	8,6	12,9	47,9									47,9	3,2	
20	10,3	2200	11,5	22,9	109,8	433	9,7	3,2	10,4	1767	11,9	19,7	99,4	109,8	5,5	13,4
25	12,5	1767	14,7	29,9	171,9	554	12,6	6,9	37,3	1213	15,6	23,1	134,6	182,2	7,3	14,6
30	14,4	1213	18,3	31,7	208,0	295	15,0	5,2	32,9	918	19,2	26,5	175,1	255,7	8,5	13,6
35	16,0	918	21,3	32,7	238,2	179	17,0	4,1	27,8	738	22,2	28,7	210,4	318,7	9,1	11,6
40	17,5	738	23,9	33,2	262,9	119	18,8	3,3	23,8	619	24,8	29,9	239,1	371,2	9,3	9,6
45	18,8	619	26,1	33,2	282,6	84	20,6	2,8	20,8	535	26,9	30,4	261,8	414,7	9,2	7,9
50	20,0	535	28,0	32,9	297,4	62	22,2	2,4	18,2	472	28,7	30,5	279,2	450,3	9,0	6,4
55	21,1	472	29,5	32,4	307,7	48	23,6	2,1	16,0	425	30,1	30,3	291,7	478,9	8,7	

Nível de Qualidade Superior (SI= 20m)

Povoamento antes do desbaste						Povoamento secundário				Povoamento após o desbaste				Povoamento total		
t	**hd**	**N**	**dg**	**G**	**V**	**N_d**	**dg_d**	**G_d**	**V_d**	**N'**	**Dg'**	**G'**	**V'**	**VT**	**ama**	**ac**
15	9,5	2200	9,7	16,4	72,7	109	8,3	0,6	0,8	2091	9,8	15,8	72,0	72,7	4,8	
20	12,8	2091	13,3	29,0	170,7	941	12,0	10,7	54,7	1150	14,2	18,3	116,0	171,5	8,6	20,1
25	15,6	1150	18,5	30,8	218,7	376	16,1	7,7	51,0	775	19,5	23,1	167,7	274,2	11,0	19,3
30	18,0	775	22,8	31,6	257,6	190	19,0	5,4	38,8	584	23,9	26,2	218,8	364,1	12,1	16,1
35	20,0	584	26,4	32,1	289,4	112	21,7	4,1	31,0	473	27,4	27,9	258,5	434,7	12,4	12,7
40	21,7	437	29,5	32,2	315,3	72	24,3	3,3	25,8	400	30,3	28,9	289,4	491,6	12,3	10,3
45	23,2	400	32,0	32,2	335,8	50	26,7	2,8	22,1	350	32,7	29,3	313,6	537,9	12,0	8,4
50	24,6	350	34,0	31,9	351,3	37	28,9	2,4	19,2	314	34,6	29,5	332,1	575,5	11,5	6,8
55	25,7	314	35,7	31,4	362,1	28	30,8	2,1	16,7	286	36,2	29,3	345,4	605,5	11,0	

Nota: t - representa a idade (anos); hd - a altura dominante (m); N - o número de árvores por hectare (árv./ha); dg - o diâmetro quadrático médio (cm); G - a área basal (m^2/ha); V - o volume (m^3/ha) do povoamento antes do desbaste. Para o povoamento secundário e para o povoamento após o desbaste a simbologia adoptada é semelhante. No caso do povoamento total, VT - designa a produção total (m^3/ha); ama - o acréscimo médio anual em volume (m^3/ha/ano); ac - o acréscimo corrente em volume (m^3/ha). Para mais detalhes consultar o texto.