



O Software SISPINUS

Manual do Usuário

Edilson Batista de Oliveira

Eng. Agrônomo, Doutor

Yeda M. Malheiros de Oliveira

Eng. Florestal, Mestre

Ministério da Agricultura e do Abastecimento	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Florestas	Estrada da Ribeira km 111 Colombo, PR, Brasil CP. 319, CEP 83411-000 E-mail postmaster@cnpf.embrapa.br	Fone: (041) 766-1313 Fax: (041) 766-1276 (041) 766-1692 Telex: (41) 30120
---	---	---	--

DI0004

1. INTRODUÇÃO.

O desenvolvimento da informática têm possibilitado a ampla utilização de simuladores em diversas atividades. Entre os simuladores mais conhecidos estão os de vôo e os de direção. O SISPINUS é um simulador que, integrando um conjunto de equações matemáticas e distribuições probabilísticas, faz a prognose da produção presente e futura de florestas de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, fornecendo o sortimento da madeira produzida em classes de diâmetro, separadamente para diversos fins de utilização industrial. Constitui assim, uma ferramenta que indica como o produtor deve manejar a floresta, qual a idade, o tipo e a intensidade de desbaste adequada para cada situação, e a idade para o corte final.

O SISPINUS possibilita a simulação de desbastes de florestas de *P.elliottii* ou *P.taeda*, crescimento e produção anual do povoamento, e o sortimento de madeira por classe diamétrica para usos múltiplos das árvores provenientes de desbastes e do corte final. O sistema auxilia o administrador na definição do tipo de desbaste mais adequado para a floresta de pinus, a época e intensidade ideais para sua realização e a idade ideal para o corte final. Pode-se avaliar o estoque de madeira disponível no presente e a cada ano futuro, em termos de volume total e volume por classe de utilização industrial como laminação, serraria, celulose e energia.

2. A OPERACIONALIZAÇÃO DO SISPINUS.

A partir de informações e mensurações de um povoamento de *P.elliottii* ou *P.taeda* em idade jovem, o SISPINUS gera tabelas com a prognose do crescimento e produção, para qualquer idade e, também, tabelas de prognose da produção por classes de diâmetro, para as árvores provenientes de desbastes e do corte final, e sortimento de madeira por classe diamétrica para usos múltiplos, como laminação, serraria, celulose e energia. Os procedimentos para a operacionalização do SISPINUS serão descritos com o auxílio de dois exemplos:

Exemplo 1.

Um povoamento de *P.taeda* teve 2000 árvores plantadas por hectare e 95% de sobrevivência no primeiro ano. O índice de sítio é de 21 metros e está previsto um desbaste aos 9 anos de idade e corte final aos 22 anos.

O menu principal é apresentado na Tabela 1. As informações referentes ao exemplo 1 estão em negrito.

TABELA 1. Informações necessárias para operar o SISPINUS, referentes ao exemplo 1.

<1> ÍNDICE DE SÍTIO.....	21,0 m.
<2> Nº DE ÁRVORES PLANTADAS POR HA.....	2000
<3> PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA NO 1º ANO.....	95 %
<4> OUTPUTS	
Idade para iniciar as simulações.....	2 anos
Idade do corte final.....	22 anos
Intervalos	2 em 2 anos
<5> IDADE DO PRIMEIRO DESBASTE.....	9 anos
<6> EQUAÇÃO DE SÍTIO A SER USADA.....	EqSit1
<7> EQUAÇÃO DE VOLUME.....	EqVol1
<8> DIÂMETROS DE TORAS E SORTIMENTO	

A seguir, cada opção será descrita.

<1> ÍNDICE DE SÍTIO:

O índice de sítio, dado pela altura dominante aos 15 anos de idade, deve ser calculado em função de equações de sítio indicadas na opção <6>. O sistema possui equações desenvolvidas pela EMBRAPA para a região sul, tanto para *P.taeda* como para *P.elliottii*, entretanto o usuário pode trabalhar com outros modelos, conforme será visto com a opção <6>.

<2> NÚMERO DE ÁRVORES PLANTADAS POR HECTARE:

Com este item, as seguintes opções aparecerão no vídeo:

<1> Número de arvores plantadas por ha.

<2> Número de árvores por ha em determinada idade.

<3> Número de árvores e a área basal por ha ou diâmetro quadrático médio em determinada idade.

Estas três opções requerem o conhecimento do índice de sítio do povoamento em questão.

<3> PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA NO 1º ANO

Refere-se à porcentagem de sobrevivência medida no primeiro ano, quando a mortalidade inicial, ocorrida com a implantação e o estabelecimento do povoamento, já tiver sido quantificada.

<4> OUTPUTS

O usuário deverá indicar as idades em que as prognoses são desejadas. Pode-se especificar cada idade ou informar a idade inicial, a idade do corte final e os intervalos desejados para as simulações.

Neste item, também é indicada a idade desejada para o corte final do povoamento.

<5> IDADE DO PRIMEIRO DESBASTE:

O tipo de desbaste (seletivo, sistemático ou misto) e a sua intensidade deverão ser informados quando o software apresentar a Tabela de Produção da idade inicial até a idade em que o desbaste foi programado.

<6> EQUAÇÃO DE SÍTIO A SER UTILIZADA

Teclando-se "6 <ENTER>", as seguintes opções aparecerão no vídeo:

<1> EqSit1

<2> entre uma curva

Com a opção <2>, pode-se introduzir novos modelos, determinados especificamente para os povoamentos de interesse.

A opção <1> EqSit1 refere-se às equações apresentadas a seguir, que estão incorporadas no software. Estas equações foram obtidas para estas espécies nos três estados do Sul do Brasil:

$$H = S * EXP\left(-5,2204 * \left[(1 / A)^{0,3600} - (1 / 15)^{0,3600}\right]\right) \qquad P.taeda$$

$$H = S * EXP\left(-5,5534 * \left[(1 / A)^{0,3577} - (1 / 15)^{0,3577}\right]\right) \qquad P.elliottii$$

onde:

H = altura total, S = altura dominante aos 15 anos, A = idade

As tabelas de classificação de sítio com estas duas equações estão apresentadas em anexo.

<7> EQUAÇÃO DE VOLUME

Com a opção <7> são apresentadas tabelas com as equações de volume disponíveis, com a opção do operador anexar novos modelos

Para o exemplo 1, a equação de volume foi obtida através da função de afilamento, conforme a seguinte equação:

$$V_{total} = \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) * ((0.4676) * H) ,$$

logo,

$$V_{total} = 3,6725 * 10^{-5} * D^2 * H$$

<8> DIÂMETROS DE TORAS E SORTIMENTO

Nesta opção pode-se estabelecer que o volume total e o volume por classes diamétricas, que são estimados para árvores retiradas nos desbastes e no corte final, sejam fornecidos em Tabelas de Sortimento, em função de diâmetros e comprimentos de toras previamente dimensionados. Desta forma, as estimativas de volume total de madeira são separadas em volumes calculados especificamente para segmentos dos troncos com dimensões adequadas a cada finalidade industrial.

Assim, por exemplo, para laminação pode-se desejar toras com comprimento de 1,35 metros e diâmetro da menor extremidade de, pelo menos, 25 centímetros. Para serraria a exigência pode ser de toras com 2,4 metros de comprimento, mas diâmetros de, no mínimo, 15 centímetros. O volume restante, de valor financeiro bastante inferior, pode ser destinado à produção de energia. Isto possibilita o planejamento da produção em função da demanda de mercado ou da própria empresa.

Teclando-se a opção <8> a Tabela 2 aparecerá no vídeo, tendo com caracteres em negrito as informações referentes ao exemplo1:

TABELA 2. Função de Afilamento e dimensão de toras para o Exemplo 1.

Função de Afilamento: di =(D).(1.2096.X+1.7761.X²-4.6178.X³+2.8225.X⁴)....		
Dimensões de tora	Comprimento	Diâmetro mínimo
LAMINAÇÃO	1,35 m	25,0 cm
SERRARIA	2,4 m	15,0 cm
CELULOSE	1,2 m	8,0 cm

Após o retorno ao menu principal, teclando-se <ENTER> obtém-se o resultado apresentado na Tabela 3:

TABELA 3. Tabela De Crescimento E Produção de *P. taeda* para o exemplo 1.

ÍNDICE DE SÍTIO			DENSIDADE		SOBREVIVÊNCIA			
(IDADE ÍNDICE 15)			(ÁRVORES/HA)		PORCENTAGEM		(ÁRVORES/HA)	
21.0 m			2000		95		1900	
IDADE	ALT.	N/HA	DIÂM.	ALT.	ÁREA	VOLUME	IMA	ICA
	DOM.		MED.	MED.	BASAL	TOTAL		
	anos		cm	m	m²/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha
2	2,6	1900	2,3	2,1	0,8	0,8	0,4	0,8
4	6,2	1900	7,6	5,3	8,6	21,1	5,3	14,6
6	9,5	1899	11,6	8,2	20,2	77,5	12,9	32,3
8	12,5	1893	14,7	10,8	32,0	161,2	20,2	44,6
9	13,9	1887	15,9	12,0	37,6	210,1	23,3	48,9

PRONTO PARA DESBASTE

Tecle <ENTER > para continuar:

Teclando <ENTER> aparecerá um quadro com as seguintes opções:

- <1> Seletivo ou Sistemático fixando Área Basal
- <2> Seletivo ou Sistemático fixando Número de Árvores
- <3> Desbaste Sistemático e, em seguida, Seletivo
- <4> Retornar sem desbastar

Nas opções <1> e <2> deverão ser indicadas a área basal (opção <1>) ou, então, o número de árvores por hectare (opção <2>), que o povoamento deverá ter após a operação de desbaste.

O tipo de desbaste a ser adotado será solicitado a seguir. Se a opção for desbaste seletivo deve-se teclar **<S><ENTER>**. Se for desbaste sistemático deve-se teclar **<A><ENTER>**.

A opção **<3>** possibilita a simulação de desbaste sistemático ou misto. As seguintes instruções aparecerão no vídeo:

INFORME A LINHA A SER DESBASTADA:

ex: cada quinta linha = 5
 cada terceira linha = 3

por exemplo:

==> 3 <ENTER>

Será removida uma em cada 3 linhas.

Neste ponto aparecerá a seguinte mensagem:

Deseja desbastar o povoamento residual? (S/N)

Teclando-se **"N"** o desbaste será apenas sistemático.

Se a opção for desbaste misto, deve-se teclar **"S"** e seguir as instruções que aparecerão no vídeo:

INFORME COMO DESEJA DESBASTAR:

- <1> Fixando Área Basal a ser mantida (Residual)**
- <2> Fixando Número de Árvores a permanecerem**

Deverá ser informado, também, se haverá outro desbaste e a idade de sua realização.

Considerando-se que seja solicitado, aos 9 anos, um desbaste sistemático removendo-se 1 em cada 3 linhas e um desbaste seletivo nas remanescentes, de

forma a deixar 1200 árvores no povoamento, a TABELA DE PRODUÇÃO terá continuação conforme os tabelas 5 e 6.

O sistema perguntará se são desejadas Tabelas de Frequência por Classes de Diâmetro das produções dos desbastes e do corte final. Caso a resposta seja negativa, o sistema retorna ao menu principal, pronto para novos processamentos. No caso de resposta afirmativa, deverá ser informado o Intervalo de Classe desejado neste exemplo 2,0 cm. Então as Tabelas 5 para o desbaste e 6 para o corte final serão geradas:

TABELA 4. Continuação da Tabela de Crescimento e Produção do Exemplo 1.

ÍNDICE DE SÍTIO			DENSIDADE		SOBREVIVÊNCIA				
(IDADE ÍNDICE 15)			(ÁRVORES/HA)		PORCENTAGEM		(ÁRVORES/HA)		
21.0 m			2000		95		1900		
ALT.			DIÂM.		ALT.	ÁREA	VOLUME	IMA	ICA
IDADE	DOM.	N/HA	MED.	MED.	BASAL	TOTAL			
anos	m		cm	m	m²/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha
DESBASTE PELA REMOÇÃO DE 1 LINHA EM CADA 3 LINHAS E,									
EM SEGUIDA, DESBASTE PELA REMOÇÃO DE 58 ÁRVORES									
		1201	16,2	12,1	24,7	139,4	REMOVIDO=70		
10	15,3	1199	17,7	13,2	29,5	181,3	25,2	41,9	
12	17,7	1191	19,9	15,2	37,0	263,4	27,8	42,0	
14	20,0	1177	21,7	17,2	43,7	350,9	30,1	44,2	
16	22,1	1157	23,4	19,0	49,6	439,5	31,9	44,2	
18	24,0	1131	24,8	20,6	54,5	525,5	33,1	42,5	
20	25,8	1100	26,0	22,2	58,3	605,9	33,8	39,4	
22	27,5	1064	27,1	23,7	61,2	678,7	34,1	35,3	

TABELA 5. Sortimento de madeira para árvores removidas no desbaste.

TABELA DE FREQUÊNCIA PARA ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (9 ANOS).

DIAMETRO LIMITES de CLASSE	N/Ha	ALT MED	VOLUME(m³/ha)				
			TOTAL	LAMIN.	SERRARIA	CELULOSE	ENERGIA
4,0- 5,9	9	9,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
6,0 - 7,9	48	10,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8
8,0 - 9,9	53	10,5	1,6	0,0	0,0	0,5	1,1
10,0 - 11,9	77	11,1	3,6	0,0	0,0	2,3	1,3
12,0 - 13,9	96	11,5	6,6	0,0	0,0	5,6	1,0
14,0 - 15,9	108	11,8	10,2	0,0	0,0	9,4	0,9
16,0 - 17,9	111	12,2	14,2	0,0	6,3	6,6	1,3
18,0 - 19,9	96	12,6	16,0	0,0	7,0	8,2	0,8
20,0 - 21,9	64	13,0	13,6	0,0	9,4	3,3	0,8
22,0 - 23,9	22	13,5	5,8	0,0	3,9	1,7	0,2
24,0 - 25,1	1	13,9	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0
TOTAIS	685		72,8	0,0	26,8	37,6	8,4

TABELA 6. Sortimento de madeira para árvores removidas no corte final.

TABELA DE FREQUÊNCIA PARA IDADE 22

DIAMETRO LIMITES .de CLASSE	N/Ha	ALT MED	VOLUME(m³/ha)				
			TOTAL	LAMIN.	SERRARIA	CELULOSE	ENERGIA
12,9 - 13,9	2	18,5	0,2	0,0	0,0	0,2	0,1
24,0 -15,9	27	19,7	4,2	0,0	0,0	3,8	0,3
16,0 - 17,9	60	20,7	12,6	0,0	3,6	8,1	0,8
18,0 - 19,9	84	21,5	22,9	0,0	11,2	10,6	1,1
20,0 - 21,9	1,1	22,1	34,6	0,0	22,1	11,2	1,2
22,0 - 23,9	111	22,7	47,3	0,0	35,8	10,3	1,2
24,0 - 25,9	117	23,3	62,6	9,9	43,2	8,5	1,0
26,0 - 27,9	119	23,9	76,2	30,2	33,7	10,8	1,6
28,0 - 29,9	117	24,4	88,5	42,9	37,2	7,2	1,2
30,0 - 31,9	110	25,0	97,5	54,8	32,6	9,4	0,8
32,0 - 33,9	97	25,7	99,8	70,4	24,7	4,6	1,2
34,0 - 35,9	74	26,5	89,1	66,2	17,0	5,3	,07
36,0 - 37,9	40	27,5	55,5	43,2	10,2	1,8	0,4
38,0 - 39,9	5	29,3	7,7	6,5	0,8	0,4	0,1
TOTAIS	1001		600,0	200,0	270,1	60,0	11,7

Exemplo 2.

Considerando-se o povoamento utilizado no Exemplo 1, entretanto, um inventário realizado aos 8 anos, indica que o povoamento dispõe de 1850 árvores/ha e área basal de 45m2/ha. Além de realizar um desbaste aos 9 anos (idêntico ao do Exemplo 1), serão solicitados um segundo desbaste aos 12 anos (Sistemático de 40% da população) e um terceiro aos 16 anos (Sistemático de 30% da população). As informações solicitadas pelo Sispinus encontram-se no Tabela 7.

TABELA 7. Informações solicitadas para operação do SISPINUS, referentes ao exemplo 2

<1> ÍNDICE DE SÍTIO.....	21,0 m
<2> Nº DE ÁRVORES AOS 8 ANOS.....	1850
<3> ÁREA BASAL AOS 8 ANOS (m2/ha).....	45
<4> OUTPUTS	
Idade Inicial.....	8 anos
Idade Final.....	22 anos
Intervalos de.....	2 em 2 anos
<5> IDADE DO PRIMEIRO DESBASTE.....	9 anos
<6> EQUAÇÃO ALTURA/IDADE A SER UTILIZADA.....	EqSit1
<7> EQUAÇÃO DE VOLUME A SER UTILIZADA.....	EqVol1
<8> REVER OU ALTERAR EQUAÇÃO DE AFILAMENTO	

O processamento destas informações fornece os resultados apresentados na Tabela 8.

TABELA 8. Tabela de crescimento e produção de *P. taeda* para o exemplo 2.

ÍNDICE DE SÍTIO		DENSIDADE		SOBREVIVÊNCIA				
(IDADE ÍNDICE 15)		(ÁRVORES/HA)		PORCENTAGEM			(ÁRVORES/HA)	
21.0 m		1857		95			1857	
IDADE	ALT.	N/HA	DIÂM.	ALT.	ÁREA	VOLUME	IMA	ICA
	DOM.		MED.	MED.	BASAL	TOTAL		
anos	m		cm	m	m ²	m ³	m ³	m ³
8	12,5	1850	17,6	10,8	45,0	226,9	28,4	28,4
9	13,9	1844	18,6	12,0	50,1	280,3	31,1	53,5
DESBASTE PELA REMOÇÃO DE 1 LINHA EM CADA 3 LINHAS E, EM SEGUIDA, DESBASTE PELA REMOÇÃO DE 30 ÁRVORES								
		1199	18,8	12,0	33,1	186,3	REMOVIDO=94,0	
10	15,3	1197	19,7	13,1	36,6	224,8	31,9	38,5
12	17,7	1189	21,8	15,2	44,2	314,8	34,1	45,8
DESBASTE PELA REMOÇÃO DE 476 ÁRVORES								
		714	24,1	16,0	32,7	245,0	REMOVIDO=69,7	
14	19,8	711	25,9	18,0	37,3	314,3	34,1	38,9
16	21,9	707	27,6	19,8	42,4	393,2	34,8	39,6
DESBASTE PELA REMOÇÃO DE 212 ÁRVORES								
		496	29,2	20,3	33,3	317,1	REMOVIDO=76,0	
18	23,6	494	30,7	22,1	36,5	377,1	34,3	36,3
20	25,5	491	32,4	23,8	40,3	448,4	34,4	35,5
22	27,3	487	33,8	25,3	43,7	518,2	34,5	34,7

Na Tabela 9 são apresentadas as tabelas de sortimento de madeira, referentes às árvores retiradas nos 3 desbastes realizados. Na Tabela 10, está o sortimento de madeira para o corte final. Para estas tabelas foram solicitados intervalos de classe de 4.0 cm.

TABELA 9. Tabelas de sortimento de madeira, referentes às árvores retiradas nos desbastes realizados aos 9, 12 e 16 anos, respectivamente.

TABELA DE FREQUÊNCIA PARA ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (9 ANOS).

DIAMETRO LIM.de CLASSE	N/Ha	ALT MED	VOLUME (m³/ha)				
			TOTAL	LAMIN.	SERRARIA	CELULOSE	ENERGIA
5,8 - 7,9	3	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8,0 - 11,9	66	10,2	2,4	0,0	0,0	1,2	1,2
12,0 - 15,9	148	11,2	11,5	0,0	0,0	9,9	1,5
16,0 - 19,9	210	11,9	28,6	0,0	13,0	13,2	2,4
20,0 - 23,9	177	12,6	38,3	0,0	27,2	9,1	2,0
24,0 - 27,9	41	13,4	13,1	3,4	8,0	1,3	0,4
TOTAIS	645		94,0	3,4	48,2	34,8	7,6

TABELA DE FREQUÊNCIA PARA ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (12 ANOS).

DIAMETRO LIM.de CLASSE	N/Ha	ALT MED	VOLUME (m³/ha)				
			TOTAL	LAMIN.	SERRARIA	CELULOSE	ENERGIA
10,1 - 11,9	9	12,8	0,5	0,0	0,0	0,3	0,1
12,0 - 15,9	165	13,9	14,8	0,0	0,0	12,6	2,2
16,0 - 19,9	210	14,7	32,4	0,0	12,4	18,1	1,9
20,0 - 23,9	69	12,8	15,3	0,0	10,8	3,7	0,9
24,0 - 27,9	20	13,4	6,2	1,6	3,8	0,6	0,2
28,0 - 31,9	1	14,6	0,5	0,2	0,2	0,1	0,0
TOTAIS	474		69,8	1,8	27,2	35,4	5,3

TABELA DE FREQUÊNCIA PARA ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (16 ANOS).

DIAMETRO LIM.de CLASSE	N/Ha	ALT MED	VOLUME (m³/ha)				
			TOTAL	LAMIN.	SERRARIA	CELULOSE	ENERGIA
18,6 - 19,9	15	18,5	3,6	0,0	2,0	1,4	0,2
20,0 - 23,9	135	19,3	43,3	0,0	30,4	11,0	1,9
24,0 - 27,9	41	17,4	17,3	3,6	11,7	1,8	0,3
28,0 - 31,9	17	17,6	9,5	4,7	3,5	1,0	0,2
32,0 - 35,9	3	18,0	2,4	2,2	0,6	0,1	0,0
TOTAIS	211		76,1	10,0	48,2	15,3	2,7

TABELA 10. Sortimento de madeira para árvores removidas no corte final.

TABELA DE FREQUÊNCIA PARA ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (22 ANOS).

DIAMETRO LIM.de CLASSE	N/Ha	ALT MED	VOLUME (m³/ha)				
			TOTAL	LAMIN.	SERRARIA	CELULOSE	ENERGIA
24,4 - 27,9	67	24,4	40,5	11,3	22,2	6,0	1,0
28,0 - 31,9	131	25,1	106,6	59,7	35,6	9,4	1,9
32,0 - 35,9	131	25,6	139,3	97,0	34,5	6,3	1,6
36,0 - 39,9	110	26,1	150,4	120,7	20,2	8,5	1,0
40,0 - 43,9	47	27,0	82,3	72,1	7,4	2,4	0,4
TOTAIS	486		519,1	360,8	119,9	32,5	5,9

4.1.3. Equação de Volume Total e Volume para Sortimento

Considerando-se a expressão a seguir referente ao modelo de PRODAN:

$$\frac{d_i}{D} = b_1\left(\frac{h}{H}\right) + b_2\left(\frac{h}{H}\right)^2 + b_3\left(\frac{h}{H}\right)^3 + b_4\left(\frac{h}{H}\right)^4$$

O volume total do tronco de uma árvore pode ser estimado por integração desta expressão, considerando-se como limites da integral os valores 0 e o valor h (equivalente à altura total H), conforme a expressão a seguir.

$$V_{total} = \left[\frac{\pi D^2}{4} * \int_0^h \left[b_1\left(\frac{h}{H}\right) + b_2\left(\frac{h}{H}\right)^2 + .. + b_4\left(\frac{h}{H}\right)^4 \right] dh \right]$$

Para a construção das tabelas de sortimento, a partir da base do tronco, por substituição dos valores de H e h na equação ajustada, é realizada a avaliação do diâmetro da extremidade superior de cada segmento com dimensões previamente definidas.

Assim, considerando-se os diâmetros das extremidades mais finas das toras como: 25,0 cm para laminação, 15,0 cm para serraria e 8 cm para celulose,

com diâmetro inferior a 8,0 cm destinados à energia, quando o diâmetro for igual ou superior a 25, cm, a tora terá seu volume incluído na coluna de volume para laminação. Se o diâmetro for inferior a 25, cm e igual ou superior a 15, cm, a tora terá seu volume incluído na coluna de volume para serraria. O mesmo procedimento é adotado para a classificação da madeira para celulose e energia.

Os volumes de segmentos do tronco podem ser estimados considerando-se como limites da integral, os valores referentes às alturas medidas na base inferior e na base superior do respectivo segmento.

Considerando-se como exemplo o modelo de PRODAN:

$$\frac{d_i}{D} = a\left(\frac{h}{H}\right) + b\left(\frac{h}{H}\right)^2 + c\left(\frac{h}{H}\right)^3 + d\left(\frac{h}{H}\right)^4$$

onde:

D é o diâmetro à altura do peito (d1.3).

a, b, c, d substituem os termos b1, b2, b3, b4

Elevando-se o termo independente ao quadrado obtém-se:

$$a^2\left(\frac{h^3}{3H^2}\right) + 2ab\left(\frac{h^4}{4H^3}\right) + (2ac + b^2)\left(\frac{h^5}{5H^4}\right) + (2ad + 2bc)\left(\frac{h^6}{6H^5}\right) + (2bd + c^2)\left(\frac{h^7}{7H^6}\right) + 2cd\left(\frac{h^8}{8H^7}\right) + d^2\left(\frac{h^9}{9H^8}\right)$$

cuja integral em relação a h é:

$$\left[\frac{a^2}{3}\left(\frac{h^3}{H}\right) + \frac{2ab}{4}\left(\frac{h}{H}\right) + \left(\frac{2ac + b^2}{5}\right)\left(\frac{h}{H}\right) + \left(\frac{2ad + 2bc}{6}\right)\left(\frac{h}{H}\right) + \left(\frac{2bd + c^2}{7}\right)\left(\frac{h}{H}\right) + \frac{2cd}{8}X^8 + \frac{d^2}{9}\left(\frac{h}{H}\right) \right] * h$$

No cálculo do volume total, o valor de h é igual a H; então:

$$V_{total} = \left(\frac{D^2 \pi}{4} \right) [\text{soma dos coef. da integral da } (F. AFILAM.)^2 * h]$$

Para a equação obtida, conforme a Tabela 5:

$$\frac{d_i}{D} = 1,2096\left(\frac{h}{H}\right) + 1,7761\left(\frac{h^2}{H}\right) - 4,6178\left(\frac{h^3}{H}\right) + 2,8225\left(\frac{h^4}{H}\right)$$

a integral em relação a h é:

$$\left[0.4877\left(\frac{h^2}{H}\right) + 1.0742\left(\frac{h^3}{H}\right) - 1.6034\left(\frac{h^4}{H}\right) - 1.5958\left(\frac{h^5}{H}\right) + 4.4785\left(\frac{h^6}{H}\right) - 3.2588\left(\frac{h^7}{H}\right) + 0.8852\left(\frac{h^8}{H}\right) \right] * h$$

logo:

$$V_{total} = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) * ((0.487 + 1.0742 + \dots + 0.8852) * h)$$

$$V_{total} = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) * ((0.4676) * H) \text{ sendo } h = H$$

A função de afilamento deverá conter a variável DAP em seu primeiro termo. Se o denominador deste termo (termo dependente) for o diâmetro medido em outra altura, como por exemplo o Diâmetro a 10% da Altura Total ($d_i/D_{0,1}$), este Diâmetro ($D_{0,1}$) deverá ser substituído por uma equação que o estime através do DAP (ex: $D_{0,1} = b_0 + b_1.DAP$).