

MELHORAMENTO GENÉTICO DAS QUALIDADES CELULÓSICO-PAPELEIRAS
DA MADEIRA DO *Eucalyptus saligna*

Foelkel, C.E.B.¹
Gonzaga, J.V.¹
Busnardo, C.A.¹
Rech, B.²
Borssatto, I.²
Schmidt, C.¹
Dias, C.¹
Menochelli, S.¹



¹Riocell- Rio Grande Cia.de Celulose do Sul - Guaíba - Brasil
²Florestal Guaíba - Guaíba - Brasil

0. Introdução

Enormes avanços têm sido obtidos, nos últimos anos, no que concerne ao desenvolvimento dos povoamentos homogêneos de *Eucalyptus* plantados no país. A modernização das técnicas de manejo florestal, associada à do melhoramento genético das árvores, conduziu a uma duplicação dos incrementos médios anuais das florestas. Há amplo potencial para o alcance de benefícios ainda maiores.

O melhoramento genético dos povoamentos mostrou considerável evolução nos últimos dez anos. Hoje se fala comumente em multiplicação vegetativa do *Eucalyptus*, em desenvolvimento de mudas em tubos de ensaio (cultura de tecidos), em melhoramento da qualidade das sementes para reprodução sexuada, em polinização controlada, em hibridação provocada artificialmente, em pomares de sementes, etc.

As empresas que investiram e têm investido nesse particular, hoje colhem e no futuro colherão as vantagens de terem-se direcionado nesse caminho.

Há inúmeras formas de se trabalhar para melhorar a qualidade das árvores. Na maioria das vezes, objetiva-se alcançar maneiras simples de se obterem povoamentos comerciais de melhor desenvolvimento volumétrico, com maior taxa de sobrevivência de árvores, maior uniformidade de indivíduos, mais resistentes às condições edafo-climáticas e também às pragas e às doenças. Entretanto, como costuma acontecer nos programas de melhoramento de seres vivos, a dificuldade está em conseguir essas melhorias simultaneamente e fazê-las herdáveis.

A par das dificuldades que se enfrenta, a principal das quais a longa resposta aos investimentos realizados, o en

Trabalho apresentado no XV Congresso Anual da ABCP - Semana do Papel - em São Paulo - Brasil - de 22 a 26 de novembro de 1982.

30
tusiasmo e o esforço posto pela indústria no melhoramento florestal foi inacreditável. Nas regiões sul e sudeste, quase todas as empresas florestais de maior porte se juntaram nesse esforço, inclusive na forma de cooperativas com centros universitários. Para quase todas as empresas que realizam programas de melhoramento, não interessa apenas o melhoramento da floresta, mas também o melhoramento do produto principal dessa floresta, que é a madeira. É por isso, que em quase todos os programas de melhoramento, a madeira é avaliada quanto à sua densidade básica. VAN BUIJTENEN (1982) cita que há cerca de vinte anos atrás, dois autores, Harold Mitchell e Lowell Besley afirmaram que as três mais importantes características da madeira para melhoramento eram: a densidade básica, a densidade básica e a densidade básica. Essa afirmação, que foi refutada no início, hoje tem sido a base para os programas de melhoramento da qualidade da madeira. A densidade básica da madeira é uma característica bastante complexa. Ela é dependente da composição química e das dimensões e frequências dos elementos anatômicos da madeira. Entretanto, as pesquisas realizadas nos últimos anos têm confirmado, em grande parte, principalmente para coníferas, o que Mitchell & Besley predisseram.

Realmente, a densidade básica tem seu valor como parâmetro de melhoramento, principalmente porque associa-se ao rendimento em peso do povoamento e a muitas das propriedades dos produtos fabricados com a madeira.

Para os estudos de qualidade da madeira do *Eucalyptus* para produção de celulose para papel, FOELKEL *et alii* (1981) recomendaram, que além da densidade básica, outros índices a serem considerados eram: comprimento da fibra, relação comprimento/espessura da parede, teor de fibras com comprimento acima de 1,75 mm e índice de enfeltramento.

O presente estudo visa apresentar uma metodologia das mais simples para o melhoramento genético das qualidades papeleiras do *Eucalyptus saligna*. Baseou-se o desenvolvimento do programa em dados silviculturais de árvores superiores e nas características da madeira de interesse à produção de celulose para papel.

1. Desenvolvimento da metodologia

Um programa de melhoramento para ser bem sucedido depende muito da população base que se dispõe. É essencial que essa população mostre variabilidade e que os indivíduos sejam portadores das características desejadas, tais como: boa forma, fuste reto, poucas e leves ramificações, bom desenvolvimento nas condições edafo-climáticas representativas da área, sanidade, boa taxa de sobrevivência, maior grau de pureza possível, bom comportamento industrial para o fim a que se destina, etc.

A técnica mais simples e ainda muito utilizada para melhoramento é a da seleção de indivíduos superiores à média dos parâmetros pré-estabelecidos.

Procurou-se nessa pesquisa, atender às exigências preliminares quanto à escolha da população base da espécie em estudo. Dentre os povoamentos da empresa, escolheu-se um povoamento comercial de *Eucalyptus saligna* típico e que se destacava da média dos demais. Toda a metodologia que foi aplicada para as árvores desse povoamento, com respeito à escolha das árvores superiores, deverá ser repetida em pelo menos outros

dois povoamentos da empresa. Espera-se, com isso, aumentar a base genética da totalidade das árvores selecionadas para a implantação de pomares de sementes clonais.

A metodologia básica seguida pode ser descrita como se segue:

a) Em um povoamento com 8 anos e 9 meses de *Eucalyptus saligna* representativo, com área de 29,8 ha e cerca de 1443 árvores/ha, procedeu-se a uma seleção fenotípica dos indivíduos superiores.

b) Setenta e cinco árvores foram separadas como superiores, recebendo cada uma identificação que permitisse sua localização no campo. A intensidade da seleção, igual a 1/573, embora não muito elevada, possibilitou contar com um material selecionado de muito bom fenótipo.

c) Recomenda-se, que antes do abate das árvores superiores, observe-se a intensidade da floração e produção de sementes férteis de cada uma.

d) As árvores selecionadas foram abatidas, corte raizo rente ao solo. Todo o povoamento foi abatido para evitar o sombreamento das cepas.

e) Ao abate, recolheram-se discos à altura do DAP para cada árvore. A espessura média dos discos era 3 cm. A altura do DAP foi escolhida por ser tradicional esse procedimento. Entretanto, os autores estão envolvidos na busca de uma região da árvore mais representativa para ensaios comparativos.

f) Nos discos determinaram-se:

- densidade básica da casca;
- densidade básica da madeira integral sem casca;
- densidade básica do cerne;
- densidade básica do alburno;
- determinações anatômicas especificadas no item

m.

g) Estimou-se também a densidade básica média da madeira da árvore integral.

h) As árvores foram cubadas individualmente, determinando-se para cada uma:

- volume da árvore com casca;
- volume da árvore sem casca;
- volume de casca na árvore;
- fator de forma com casca;
- fator de forma sem casca;
- peso absolutamente seco da árvore sem casca;
- peso absolutamente seco da árvore com casca;
- teor de casca volumétrico;
- teor de casca gravimétrico;
- volume de alburno na árvore;
- volume de cerne na árvore;
- teor de alburno volumétrico;
- teor de alburno gravimétrico;
- teor de cerne volumétrico;
- teor de cerne gravimétrico.

i) Entre as 75 árvores selecionadas, procurou-se determinar aquelas que mostrassem superioridade florestal em relação à média do grupo, adotando-se como parâmetros classificatórios os seguintes:

- peso absolutamente seco da árvore sem casca;
- volume da árvore com casca;
- volume da árvore sem casca;

- fator de forma da árvore com casca;
- fator de forma da árvore sem casca;
- densidade básica da madeira ao DAP;
- densidade básica da madeira da árvore integral;
- características de brotação das cepas remanescentes no campo;

- índice de enraizamento das estacas ensaiadas.

Para a escolha das melhores árvores, o ideal seria que todos os parâmetros anteriormente citados se correlacionassem positivamente. Entretanto, isso não ocorre, o que é bastante compreensível, tomando-se por base os princípios básicos da fisiologia de formação das árvores.

Para facilitar a seleção entre as 75 árvores, foram elaborados histogramas de distribuição de frequência para cada um dos sete parâmetros quantitativos de classificação. As classes de frequência equivalem ao próprio desvio padrão.

Convencionou-se que seriam escolhidas as árvores que apresentassem uma interação de características superior à média das 75 árvores selecionadas. Convencionou-se também que, conforme o afastamento das características médias, as árvores seriam classificadas por estrelas, conforme os valores das características, acima da média, se distanciavam dessa.

Foram escolhidas, com base nessa sistemática, 22 árvores consideradas como "árvores-estrelas", as quais foram numeradas de 1 a 22. A intensidade final de seleção no povoamento foi então de 1/2000.

j) Conforme já mencionado, as características de brotação das cepas no campo influenciou na seleção final das "árvores-estrelas". Excelentes árvores que não brotaram foram descartadas. Não apenas o número de brotos, mas a disposição e o vigor das brotações eram considerados.

l) Depois de ± 45 dias do corte das árvores, voltou-se ao campo e, das brotações, colheram-se estacas para enraizamento em casa de vegetação. O número de estacas por árvore variava de 10 a 100, conforme a intensidade da brotação. O índice de enraizamento das estacas era também um parâmetro classificatório para a escolha das "árvores-estrelas". O enraizamento era feito com estacas jovens, com ± 5 mm de diâmetro, ± 10 cm de comprimento, em sacos plásticos com as dimensões de 13,5 cm de altura por 8,5 cm de diâmetro, contendo mistura de turfa e areia na proporção de 1:1.

m) As 22 "árvores-estrelas" selecionadas foram avaliadas comparativamente quanto às suas características anatómicas. Para minimizar os erros que certamente seriam enormes, quando se procurassem comparar as dimensões médias das fibras das árvores, adotou-se um procedimento especial. Nos discos ao DAP, procurou-se escolher, para as comparações, regiões fisiologicamente similares. Considerou-se que a melhor região para isso seria aquela do cerne imediatamente precedendo à linha de transição cerne/alburno. Com isso, evitar-se-iam as interferências das madeiras infantil e juvenil e da madeira de alburno. Supõe-se que, sendo todas as árvores de mesma idade, fisiologicamente essa região é similar para todas, independente do diâmetro da árvore. Para cada disco, representando uma "árvore-estrela", foram coletadas 4 sub-amostras nessa região, cada sub-amostra localizada em um dos quadrantes do disco e igualmente espaçadas.

Para cada sub-amostra determinaram-se: comprimento, largura e espessura da parede das fibras; comprimento, largura e índice de enfeltramento dos vasos; coeficiente de flexi-

bilidade, fração parede, índice de Runkel, índice de enfe-
lamento e relação comprimento/espessura da parede para as fi-
bras. Procurou-se também distribuir as fibras quanto a clas-
ses de frequências, com limites arbitrariamente fixados.

Para a comparação entre as "árvores-estrelas", tra-
balhou-se com a média dos valores das quatro sub-amostras de
cada árvore.

A programação futura envolve os seguintes procedimen-
tos:

n) Teste clonal: parte das mudas produzidas por en-
raizamento das estacas de cada árvore serão plantadas num ex-
perimento em forma de teste de progênie, obedecendo o seguin-
te esquema:

- espaçamento: 3 x 2 m;
- não haverá casualização, mas sim distribuição
por progênie em ordem decrescente de altura;
- cada parcela será composta de três plantas em
linha;
- número de repetições: 2;
- adubação de 150 g/cova de fórmula NPK 5-29-5;
- período de observação mínimo: 7 anos.

o) Banco clonal: as mudas restantes serão plantadas
em linhas por "árvore-estrela", constituindo um banco clonal.
O espaçamento será de 2,0 x 1,5 m.

p) Pomar de sementes clonal: realizadas as seleções
de outras "árvores-estrelas" de *Eucalyptus saligna*, seguida
mesma metodologia, estabelecer-se-á um pomar de sementes clo-
nal, distribuindo-se as mudas das "árvores-estrelas" conforme
as características principais que apresentarem quanto a:

- desenvolvimento volumétrico;
- peso a.s. da árvore individual;
- densidade básica;
- comprimento das fibras;
- % fibras maiores que 1,50 mm;
- relação comprimento fibra/espessura parede;
- índice de enfelemento;
- teor de lignina do material clonal;
- outras características.

Os grupos de árvores assim separados sofrerão poli-
nização controlada de forma a que se produzam sementes típi-
cas de cada grupo. Interessante notar que uma árvore original
pode pertencer a um ou mais grupos ou, em alguns casos, não
pertencer a nenhum. Cada grupo será formado a partir de mate-
riais vegetativos das árvores originais, logo a mesma árvore
original poderá ter representantes em diversos grupos. A poli-
nização pode ser controlada, isolando-se cada grupo dos ou-
tros e de outros eucaliptos das vizinhanças, com os quais pos-
sam-se hibridar.

q) Teste de segunda geração: as sementes obtidas de
cada grupo serão plantadas e darão origem a mudas. Essas irão
ao campo grupo-a-grupo, e quando atingirem 5 anos de idade se-
rão reensaiadas quanto aos testes já mencionados. Procurar-se-
á verificar o nível de herdabilidade dos parâmetros.

2. Resultados

2.1. Histogramas dos parâmetros classificatórios para as 75
árvores superiores

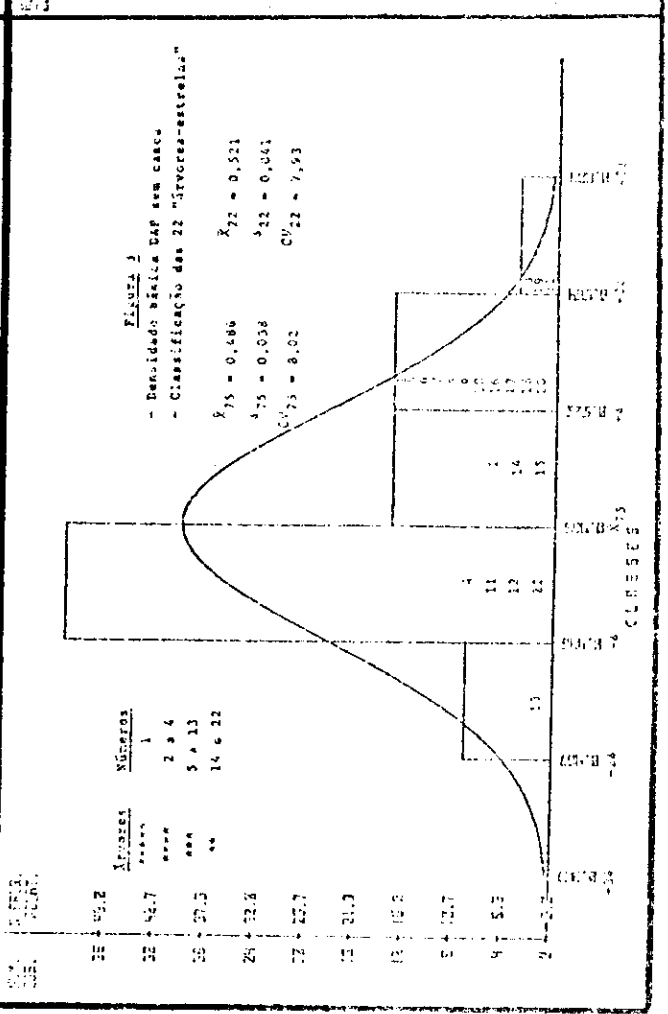
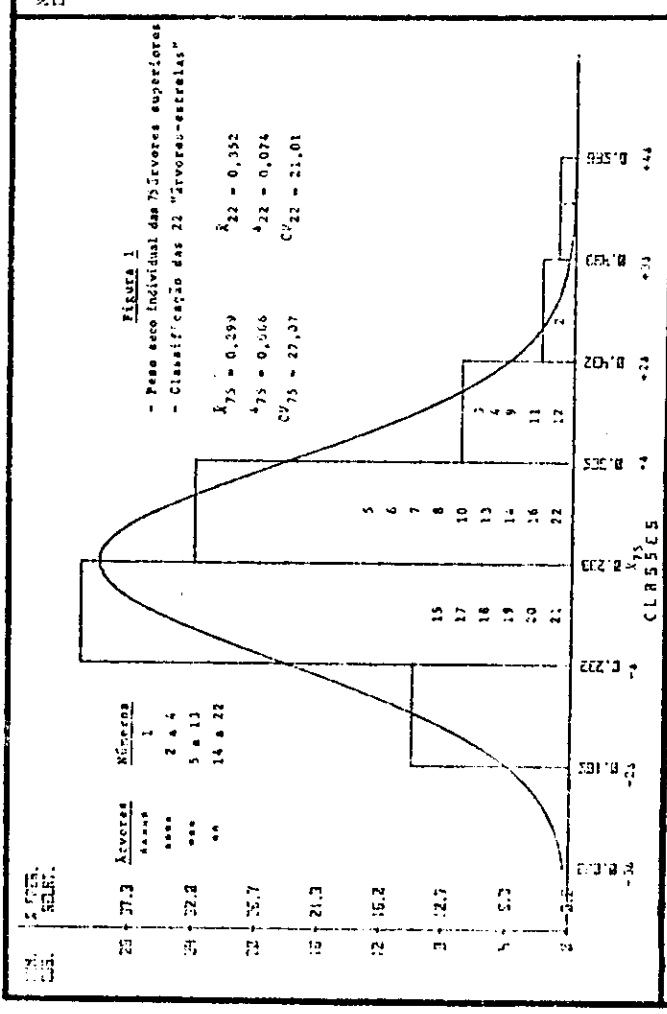
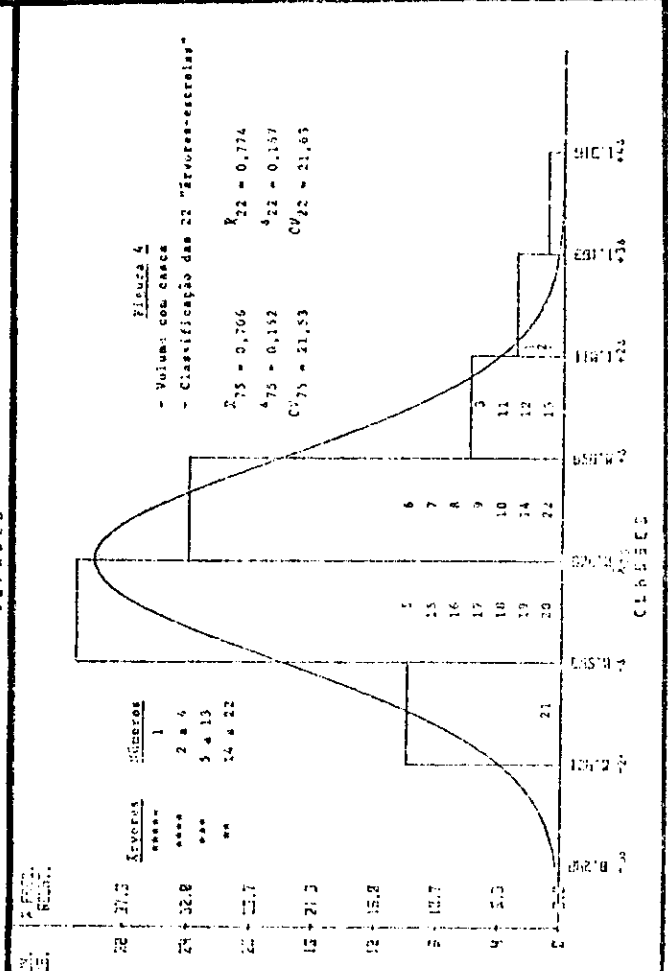
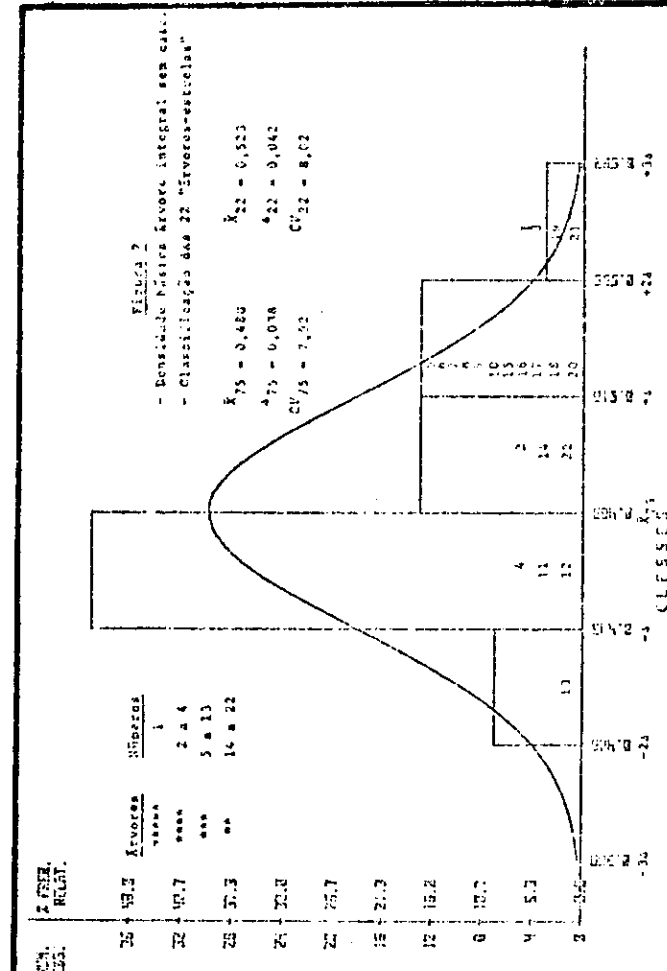
Nos histogramas anotaram-se as colocações das 22 "árvores-estrelas" para cada um dos sete parâmetros classificatórios (Figuras 1 a 7).

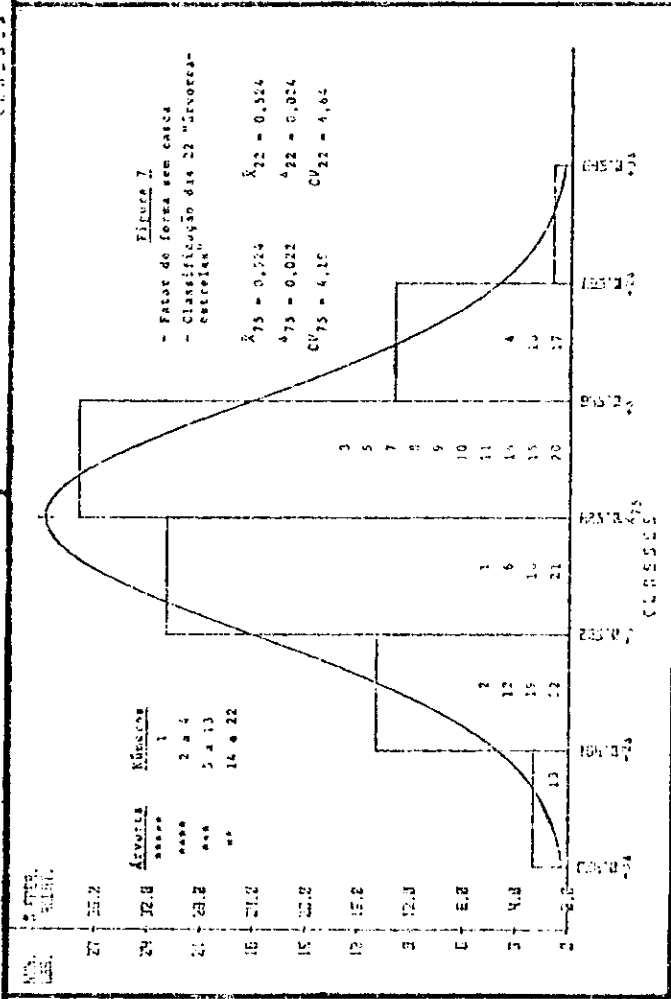
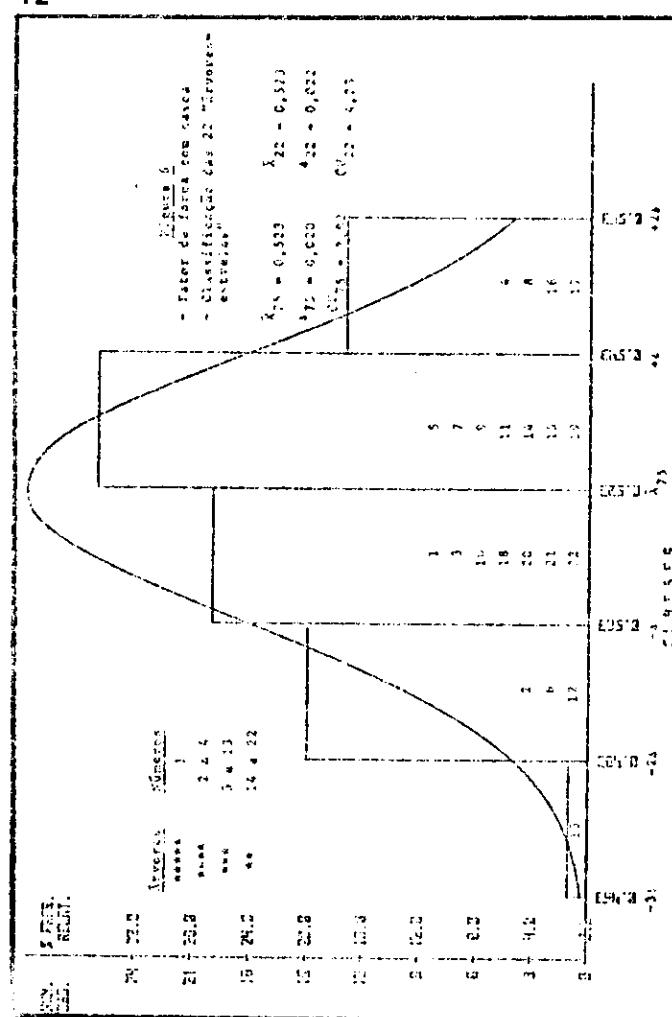
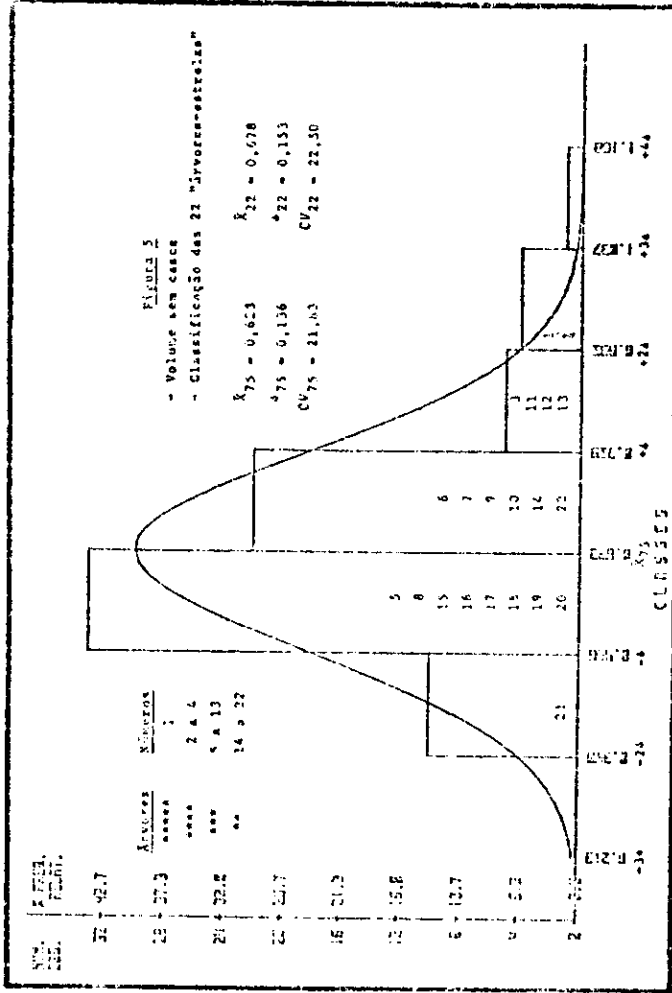
2.2. Valores das propriedades classificatórias para as 22
"árvores-estrelas" (Quadro I)

2.3. Parâmetros quantitativos para a casca das "árvores-estrelas" (Quadro II)

2.4. Parâmetros quantitativos para o cerne e alburno das "árvores-estrelas" (Quadro III)

2.5. Fibras e vasos das "árvores-estrelas": dimensões, relações entre as dimensões fundamentais e distribuição por classes de frequência (Quadro IV a VIII)





Quadro I: Valores das propriedades classificatórias para as 22 "árvores-estrelas"

Árvore	Peso seco		Densidade básica (g/cm ³)		Volume (m ³ sólido)		Fator de forma	
	(t.a.s/árvore)	Árvore integral	DAP	com casca	sem casca	com casca	sem casca	
1	0,562	0,562	0,539	1,121	0,999	0,513	0,520	
2	0,482	0,502	0,498	1,077	0,960	0,489	0,484	
3	0,425	0,555	0,565	0,874	0,764	0,521	0,525	
4	0,433	0,477	0,474	1,030	0,907	0,550	0,548	
5	0,326	0,560	0,542	0,657	0,583	0,543	0,544	
6	0,350	0,543	0,539	0,746	0,644	0,497	0,505	
7	0,372	0,544	0,534	0,782	0,684	0,539	0,543	
8	0,330	0,542	0,538	0,721	0,609	0,544	0,539	
9	0,397	0,539	0,536	0,841	0,737	0,534	0,529	
10	0,332	0,522	0,530	0,732	0,636	0,521	0,527	
11	0,386	0,482	0,479	0,913	0,800	0,534	0,539	
12	0,388	0,452	0,456	0,974	0,858	0,487	0,496	
13	0,314	0,409	0,410	0,866	0,768	0,478	0,473	
14	0,326	0,520	0,506	0,708	0,626	0,526	0,530	
15	0,278	0,513	0,520	0,642	0,542	0,537	0,543	
16	0,307	0,521	0,542	0,669	0,589	0,552	0,563	
17	0,297	0,564	0,554	0,590	0,527	0,558	0,565	
18	0,307	0,545	0,526	0,640	0,563	0,512	0,513	
19	0,283	0,562	0,572	0,611	0,503	0,531	0,502	
20	0,254	0,521	0,529	0,561	0,486	0,521	0,526	
21	0,283	0,583	0,594	0,549	0,485	0,510	0,504	
22	0,311	0,480	0,485	0,725	0,649	0,506	0,499	
\bar{X}_{22}	0,352	0,523	0,521	0,774	0,678	0,523	0,524	
s_{22}	0,074	0,042	0,041	0,167	0,153	0,022	0,024	
CV ₂₂	21,01	8,02	7,93	21,63	22,50	4,23	4,64	

Quadro II: Parâmetros quantitativos para casca das "árvores-estrelas"

Árvore	Peso Seco Casca (kg a.s./árvore)	Volume Casca (m ³ sólido/árvore)	Densidade Básica (g/cm ³)	Teor de Casca (%)	
				Volumétrico	Gravimétrico
1	35,1	0,122	0,289	10,85	5,88
2	34,4	0,118	0,293	10,90	6,67
3	32,6	0,109	0,299	12,49	7,13
4	32,4	0,123	0,264	11,93	6,97
5	21,6	0,075	0,289	11,37	6,22
6	30,3	0,102	0,298	13,62	7,97
7	30,8	0,098	0,313	12,57	7,64
8	32,9	0,112	0,294	15,53	9,07
9	29,6	0,104	0,285	12,37	6,35
10	27,9	0,096	0,290	13,13	7,74
11	30,4	0,113	0,270	12,34	7,30
12	31,7	0,117	0,272	11,98	7,56
13	25,0	0,098	0,255	11,32	7,37
14	23,3	0,082	0,285	11,56	6,67
15	28,4	0,099	0,286	15,45	9,25
16	23,5	0,080	0,293	11,99	7,12
17	21,4	0,064	0,337	10,77	6,73
18	22,7	0,078	0,292	12,12	6,88
19	29,4	0,108	0,271	17,72	9,40
20	20,8	0,074	0,280	13,26	7,36
21	15,6	0,064	0,241	11,74	5,21
22	20,7	0,076	0,271	10,51	6,23
\bar{X} 22	27,3	0,096	0,285	12,52	7,21
δ 22	5,4	0,019	0,020	1,76	1,05
CV 22	19,70	19,79	6,96	14,02	14,53

Quadro III: Parâmetros quantitativos para cerne e alborno das "árvores-estrelas"

Árvore	C E R N E				A L B U R N O			
	Densidade Básica(g/cm ³)	Volume (m ³ sól./árv.)	% Volumétr.	% Gravimétr.	Densidade Básica(g/cm ³)	Volume (m ³ sól./árv.)	% Volumétr.	% Gravimétr.
1	0,496	0,420	42,06	37,15	0,610	0,579	57,94	62,94
2	0,480	0,543	56,55	53,87	0,533	0,417	43,45	46,13
3	0,498	-	-	-	0,631	-	-	-
4	0,430	0,413	45,55	41,01	0,517	0,494	54,45	58,99
5	0,504	0,259	44,62	40,12	0,605	0,323	55,38	59,88
6	0,507	0,286	44,30	41,44	0,571	0,359	55,69	58,69
7	0,495	0,313	45,74	41,72	0,584	0,371	54,26	58,28
8	0,486	0,282	46,29	41,60	0,589	0,327	53,71	58,40
9	0,489	0,346	46,90	42,64	0,582	0,391	53,10	57,36
10	0,497	-	-	-	0,598	-	-	-
11	0,431	0,376	46,97	42,05	0,527	0,424	53,02	57,95
12	0,430	-	-	-	0,482	-	-	-
13	0,393	-	-	-	0,436	-	-	-
14	0,463	0,236	37,63	33,40	0,556	0,390	62,37	66,60
15	0,470	-	-	-	0,573	-	-	-
16	0,417	0,275	46,69	37,40	0,612	0,314	53,31	62,60
17	0,507	0,237	44,93	40,44	0,611	0,289	55,07	59,66
18	0,481	0,222	39,39	35,00	0,585	0,341	60,61	65,00
19	0,538	-	-	-	0,605	-	-	-
20	0,495	0,202	41,61	38,08	0,571	0,284	58,39	61,92
21	0,584	-	-	-	0,604	-	-	-
22	0,429	-	-	-	0,532	-	-	-
\bar{X}	0,478	0,315	44,95	40,42	0,569	0,379	55,05	59,60
s	0,043	0,095	4,41	4,78	0,048	0,081	4,41	4,78
CV	9,07	30,20	9,81	11,82	8,36	21,48	8,01	8,02

Quadro IV: Fibras: valores médios para comprimento, largura e espessura da parede. Nº fibras medidas = 800/"árvore-estrela" para comprimento; 600/"árvore-estrela" para largura e espessura.

Árvore	Comprimento (mm)			Largura (μ)			Espessura parede (μ)		
	\bar{X}	Δ	CV	\bar{X}	Δ	CV	\bar{X}	Δ	CV
1	1,183	0,195	16,46	21,96	3,02	13,75	4,10	0,93	22,73
2	1,075	0,179	16,72	22,61	3,51	15,53	4,08	0,94	23,05
3	1,098	0,171	15,58	22,31	3,20	14,34	4,06	0,94	23,29
4	1,147	0,175	15,29	21,98	3,16	14,36	3,70	0,88	23,76
5	1,059	0,191	18,04	21,75	3,66	16,85	4,54	1,14	25,05
6	1,118	0,188	16,88	22,70	3,51	15,48	3,93	0,88	22,48
7	1,049	0,201	19,20	22,34	3,84	17,17	4,24	1,13	26,62
8	1,005	0,159	15,84	21,71	3,17	14,61	3,92	0,95	24,21
9	1,060	0,168	15,86	22,09	2,99	13,57	3,73	0,97	25,89
10	1,174	0,203	17,33	22,29	3,22	14,44	4,54	1,03	22,68
11	0,976	0,165	16,94	23,69	3,33	14,07	3,47	0,84	24,26
12	1,043	0,154	14,76	23,06	3,70	16,06	3,78	0,87	23,10
13	0,998	0,172	17,26	24,17	3,89	16,12	3,15	0,82	26,08
14	1,041	0,172	16,49	24,81	3,39	13,65	4,04	0,83	20,52
15	1,104	0,164	14,87	22,60	3,65	16,17	3,74	0,90	24,08
16	1,127	0,182	16,19	21,00	3,06	14,59	3,96	0,94	23,67
17	1,073	0,169	15,72	20,79	3,68	17,70	3,97	0,89	22,49
18	1,089	0,166	15,22	22,24	3,06	13,76	3,94	0,77	19,74
19	1,097	0,176	16,09	21,26	3,52	16,55	4,14	1,14	27,66
20	1,144	0,172	14,99	22,50	3,29	14,64	3,81	0,93	24,54
21	1,268	0,208	16,42	22,04	3,30	14,97	4,73	1,19	25,11
22	1,088	0,160	14,72	21,10	2,91	13,77	3,74	0,76	20,28
\bar{X}_{22}	1,092	0,177	16,22	22,32	3,37	15,10	3,97	0,94	23,70
Δ_{22}	0,067	0,015	1,12	0,98	0,29	1,25	0,35	0,12	1,99
CV ₂₂	6,13	8,48	6,91	4,39	8,55	8,28	8,86	12,76	8,40

Quadro V: Fibras: valores médios para coeficiente de flexibilidade, fração parede e índice de Runkel

Árvore	Coeficiente Flexibilidade			Fração Parede			Índice de Runkel		
	\bar{X}	δ	CV	\bar{X}	δ	CV	\bar{X}	δ	CV
1	62,23	8,83	14,18	37,77	8,83	23,38	0,646	0,291	44,97
2	63,41	8,69	13,71	36,59	8,69	23,76	0,611	0,263	43,09
3	63,12	9,04	14,32	36,88	9,04	24,52	0,621	0,266	42,80
4	65,82	8,59	13,05	34,18	8,59	25,13	0,547	0,220	40,12
5	57,52	10,96	19,06	42,48	10,97	25,80	0,812	0,400	49,35
6	64,74	8,75	13,52	35,26	8,75	24,82	0,576	0,242	42,08
7	61,28	10,80	17,62	38,72	10,80	27,89	0,695	0,381	54,81
8	63,44	9,13	14,39	36,56	9,13	24,98	0,614	0,272	44,28
9	65,88	8,71	13,22	34,11	8,71	25,54	0,547	0,228	41,63
10	58,72	9,90	16,86	41,28	9,90	23,98	0,761	0,363	47,77
11	70,25	7,75	11,03	29,75	7,75	26,05	0,443	0,177	39,97
12	66,54	8,54	12,83	33,46	8,54	25,05	0,529	0,213	40,23
13	73,36	7,54	10,29	26,64	7,54	28,32	0,379	0,155	41,04
14	66,94	7,42	11,08	33,06	7,42	22,43	0,513	0,177	34,58
15	66,24	8,93	13,48	33,76	8,93	26,46	0,543	0,257	47,41
16	61,77	9,59	15,52	38,23	9,59	25,09	0,666	0,325	48,82
17	60,84	10,19	16,76	39,15	10,19	26,04	0,702	0,369	52,65
18	64,02	7,92	12,37	35,98	7,92	22,00	0,587	0,213	36,30
19	60,52	11,27	18,63	39,48	11,27	28,57	0,733	0,466	63,65
20	65,82	7,96	12,09	34,18	7,96	23,29	0,542	0,196	36,16
21	56,70	10,21	18,00	43,29	10,21	23,58	0,828	0,382	46,08
22	64,22	7,52	11,71	35,78	7,52	21,02	0,582	0,229	39,39
\bar{X}_{22}	63,79	9,01	14,26	36,21	9,01	24,90	0,613	0,277	44,42
δ_{22}	3,90	1,15	2,57	3,90	1,15	1,94	0,112	0,085	6,74
CV ₂₂	6,11	12,72	18,05	10,76	12,72	7,79	18,27	30,62	15,17

Quadro VI: Fibras: índice de enfiletramento e relação C/E
Vasos : comprimento, largura e índice de enfiletramento

Árvore	F I B R A S					V A S O S					
	Índice de Enfiletram.	Relação Comprimento/ Espessura	Comprimento (μ)		Largura (μ)	Índice de Enfiletram.	Δ	CV	X̄	Δ	CV
			X̄	Δ							
1	53,89	288,2	365	104	28,5	203	62	30,3	1,798		
2	47,53	263,3	384	107	27,9	227	82	36,1	1,692		
3	49,22	270,6	412	102	24,9	238	67	28,2	1,731		
4	52,16	309,6	407	113	27,8	255	70	27,5	1,596		
5	48,69	233,2	347	102	29,6	203	71	35,2	1,709		
6	49,24	284,1	353	101	28,7	199	61	30,7	1,773		
7	46,94	247,4	393	117	29,9	235	61	25,9	1,672		
8	46,32	256,9	334	107	32,2	208	66	31,6	1,606		
9	47,99	283,9	379	105	27,7	218	56	25,5	1,738		
10	52,68	258,7	386	112	28,9	225	79	35,2	1,716		
11	41,20	280,9	348	92	26,5	181	44	24,3	1,923		
12	45,21	275,8	381	107	28,0	208	66	31,5	1,832		
13	41,28	316,3	349	101	28,9	257	72	28,2	1,358		
14	41,96	257,3	400	115	28,8	234	65	27,8	1,709		
15	48,87	294,9	394	107	27,3	235	65	27,5	1,676		
16	53,69	284,6	373	95	25,4	192	53	27,6	1,943		
17	51,62	270,1	370	100	27,0	215	68	31,6	1,721		
18	48,94	276,1	381	120	31,7	208	60	29,0	1,832		
19	51,61	265,2	331	96	29,2	178	53	29,9	1,859		
20	50,84	300,4	398	131	32,8	199	57	28,8	2,000		
21	57,50	267,8	418	120	28,6	202	74	36,6	2,069		
22	51,57	291,3	360	105	29,2	210	71	33,6	1,714		
X̄ ₂₂	49,04	276,2	376	107	28,6	215	65	30,1	1,758		
Δ ₂₂	4,17	20,0	25	9	1,9	21	9	3,5	0,151		
CV ₂₂	8,50	7,20	6,65	8,41	6,64	9,76	13,85	11,60	8,59		

Quadro VII: Fibras: distribuição porcentual das fibras em classes de comprimento, largura e espessura da parede

Árvore	Comprimento (mm)			Largura (μ)			Espessura Parede (μ)		
	$\leq 0,75$	$0,75 < C \leq 1,50$	$> 1,50$	≤ 20	$20 < L \leq 30$	> 30	$\leq 2,50$	$2,50 < E \leq 5,50$	$> 5,50$
1	1,00	93,33	5,67	24,50	74,83	0,67	3,34	89,09	7,57
2	2,50	95,88	1,62	20,67	76,16	3,17	3,17	88,50	8,33
3	2,01	96,61	1,38	22,67	76,83	0,50	3,17	90,16	6,67
4	1,38	96,00	2,62	26,76	72,91	0,33	6,69	89,63	3,68
5	4,50	93,83	1,67	30,07	68,15	1,78	1,55	79,52	18,93
6	1,75	95,63	2,62	19,50	78,00	2,50	3,33	91,67	5,00
7	5,50	92,38	2,12	27,50	69,33	3,17	3,33	84,34	12,33
8	4,13	95,37	0,50	29,67	69,16	1,17	4,17	90,50	5,33
9	2,17	96,66	1,17	24,00	74,00	2,00	7,11	87,78	5,11
10	0,51	94,39	5,10	24,08	74,58	1,34	1,34	79,93	18,73
11	7,38	92,12	0,50	13,00	83,50	3,50	10,50	87,33	2,17
12	3,00	96,50	0,50	21,54	74,46	4,00	5,84	90,99	3,17
13	7,50	92,50	0,00	13,00	80,50	6,50	5,17	79,00	0,83
14	4,50	95,25	0,25	5,67	86,66	7,67	1,50	93,17	5,33
15	2,12	97,26	0,62	23,33	74,00	2,67	5,17	90,33	4,50
16	2,17	95,83	2,00	39,64	60,14	0,22	3,79	90,20	6,01
17	2,50	97,12	0,38	41,83	57,50	0,67	2,50	92,50	5,00
18	1,50	97,38	1,12	23,00	76,17	0,83	1,83	94,67	3,50
19	1,75	96,25	2,00	37,67	61,66	0,67	4,67	84,66	10,67
20	0,50	96,50	3,00	21,33	77,00	1,67	4,67	90,00	5,33
21	0,67	86,50	12,83	24,89	74,22	0,89	3,33	73,78	22,89
22	1,22	97,91	0,87	18,67	80,66	0,67	2,67	95,55	1,78
\bar{X}_{22}	2,74	95,05	2,21	24,23	73,66	2,12	4,04	87,88	7,40
δ_{22}	2,03	2,55	2,79	8,43	7,16	1,96	2,15	5,54	5,88
CV_{22}	74,16	2,68	126,25	34,80	9,72	92,61	53,34	6,30	79,49

Quadro VIII: Fibras: distribuição percentual das fibras em classes de coeficiente de flexibilidade, fração parede e índice de Runkel

Árvore	Coeficiente Flexibilidade (%)				Fração Parede			Índice de Runkel		
	≤50	50<CF≤80	> 80	≤20	20<FP≤50	> 50	≤ 0,3	0,3<IR≤1,0	> 1,0	
1	10,47	89,09	0,44	0,44	89,09	10,47	2,23	87,31	10,46	
2	7,33	91,00	1,67	1,67	91,00	7,33	4,83	87,84	7,33	
3	8,50	89,17	2,33	2,33	89,17	8,50	5,17	86,33	8,50	
4	3,85	91,47	4,68	4,68	91,47	3,85	8,36	87,79	3,85	
5	23,61	76,17	0,22	0,22	76,17	23,61	2,90	73,50	23,60	
6	7,33	90,17	2,50	2,50	90,17	7,33	6,17	86,50	7,33	
7	13,50	83,50	3,00	3,00	83,50	13,50	5,50	81,00	13,50	
8	8,50	89,33	2,17	2,17	89,33	8,50	5,17	86,33	8,50	
9	5,55	91,56	2,89	2,89	91,56	5,55	9,55	84,89	5,56	
10	19,73	79,94	0,33	0,34	79,93	19,73	1,67	78,60	19,73	
11	1,33	90,34	8,33	8,33	90,33	1,34	19,00	79,67	1,33	
12	3,34	91,32	5,34	5,34	91,32	3,34	10,35	86,31	3,34	
13	0,33	81,00	18,67	18,67	81,00	0,33	34,67	65,00	0,33	
14	1,67	95,16	3,17	3,17	95,17	1,66	7,67	90,66	1,67	
15	5,33	91,17	3,50	3,50	91,17	5,33	8,50	86,17	5,33	
16	11,80	86,64	1,56	1,56	86,64	11,80	2,90	85,30	11,80	
17	14,83	84,17	1,00	1,00	84,17	14,83	3,17	82,00	14,83	
18	4,83	93,67	1,50	1,50	93,67	4,83	3,83	91,33	4,84	
19	16,00	82,67	1,33	1,33	82,67	16,00	3,67	80,33	16,00	
20	4,00	93,67	2,33	2,33	93,67	4,00	8,67	87,33	4,00	
21	25,33	73,11	1,56	1,56	73,11	25,33	2,67	72,00	25,33	
22	2,00	97,33	0,67	0,67	97,33	2,00	4,45	93,54	2,01	
\bar{X}_{22}	9,05	87,80	3,15	3,15	87,80	9,05	7,32	83,62	9,05	
δ_{22}	7,16	6,22	3,94	3,94	6,22	7,16	7,21	6,75	7,16	
CV ₂₂	79,13	7,08	125,22	125,20	7,08	79,13	98,50	8,07	79,12	

3. Discussão dos resultados

Silviculturalmente, as 22 "árvores-estrelas" eram muito boas, com volume comercial de madeira, na quase totalidade, acima de $0,5 \text{ m}^3$ sólido/árvore e, em alguns casos, ao redor de 1 m^3 sólido/árvore. Com a escolha das árvores em função também da densidade básica da madeira, permaneceram árvores, em sua maioria, com densidades entre $0,5$ e $0,6 \text{ g/cm}^3$. A combinação de volumes e densidades elevados fez com que se atingissem pesos acima de 350 kg a.s. por árvore para mais de 40% das "árvores-estrelas". Árvores quatro e cinco estrelas atingiam pesos a.s. acima de 425 kg . O peso a.s. de cada árvore, por ser um fator que combinava volume sólido de madeira e densidade básica, foi considerado como o principal parâmetro de classificação das árvores. Na verdade, o que interessa são árvores que rendam alto teor de matéria seca para celulose.

O fator de forma, por ser um parâmetro associado ao volume sólido da árvore, é outra característica que merece participar em programas de melhoramento das árvores. Interessa obter árvores com fatores de forma elevados para que as mesmas possuam mais madeira para um mesmo volume cilíndrico. Frente à variabilidade apresentada para fator de forma, é quase certo, que ganhos podem ser obtidos, melhorando-o. Notou-se uma ligeira tendência das árvores de menor volume mostrarem os maiores valores para fator de forma. Entretanto, isso não pode ser considerada como uma regra, pois fatores de forma acima de $0,520$ foram encontrados para árvores quatro e cinco estrelas.

Embora não fossem classificatórios, os parâmetros relacionados à casca das "árvores-estrelas" mostravam que as árvores de maior volume possuíam mais casca, mas proporcionalmente ao peso global da árvore, o teor de casca era inferior. Não se notaram diferenças apreciáveis quanto à densidade básica das cascas das "árvores-estrelas".

Confirmando observações anteriores de FOELKEL *et alii* (1982) e de BUSNARDO *et alii* (1982), observou-se que, para todas as "árvores-estrelas", a densidade do alburno era superior à do cerne. Não se notou uma correlação entre os teores de cerne e alburno com a classificação da árvore.

Definidas e classificadas as "árvores-estrelas", o próximo passo era separá-las em grupos, que instalados separadamente em pomares clonais de sementes, pudessem no futuro resultar em melhoria da qualidade da madeira comercial. Foram definidos como desejáveis dois tipos principais de madeira para a produção de celulose:

- a) madeira para polpa de alto volume específico aparente e alta opacidade;
- b) madeira para polpa de altas propriedades de resistência.

Para essa classificação, é necessário levar em conta as características anatômicas e físicas das madeiras. Para os dois tipos de madeira desejam-se altos incrementos em peso e volume dos povoamentos e alto fator de forma das árvores.

3.1. Melhoramento direcionado para polpas de alta opacidade e alto volume específico aparente

Para essas propriedades, é importante que se direcione o melhoramento em:

- aumentar a densidade básica da madeira;
- aumentar a espessura da parede celular;
- aumentar a porcentagem de fibras com paredes espessas;
- aumentar a fração parede das fibras;
- diminuir o coeficiente de flexibilidade;
- aumentar o índice de Runkel;
- diminuir a largura e frequência dos vasos;
- aumentar a porcentagem de fibras estreitas.

Sugere-se incluir nesse programa de melhoramento mudas clonais obtidas a partir das seguintes "árvores-estrelas": 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 16, 17, 18, 19, 21; pois associam:

- rápido crescimento (1, 2, 3, 5, 6, 7, 8);
- mais alto fator de forma (5, 7, 8, 16, 17);
- maior densidade básica (1, 3, 5, 6, 7, 8, 17, 18, 19, 21);
- maior espessura de parede (5, 7, 10, 19, 21);
- maior proporção de fibras de paredes espessas (5, 7, 10, 19, 21);
- menor coeficiente de flexibilidade (5, 10, 21);
- maior fração parede (5, 10, 17, 19, 21);
- maior índice de Runkel (5, 10, 17, 19, 21);
- menor largura de vaso (1, 5, 6, 16, 19, 21);
- maior porcentagem de fibras estreitas (5, 7, 8, 16, 17, 19).

3.2. Melhoramento direcionado para polpas com altas propriedades de resistência

Para essas características, é importante que se direcione o melhoramento em:

- aumentar o coeficiente de flexibilidade;
- aumentar o índice de enfeltramento;
- aumentar a relação comprimento/espessura da parede;
- aumentar o comprimento da fibra;
- aumentar a proporção de fibras longas.

Importante a se considerar é que não há necessidade de se diminuir a densidade básica da madeira, pode-se inclusive aumentá-la, o que é desejável do ponto de vista de rendimento. Entretanto, quando isso ocorrer, é fundamental que simultaneamente ocorram aumentos nas propriedades citadas como principais parâmetros desse programa.

Sugere-se incluir nesse programa de melhoramento mudas clonais obtidas a parte das seguintes "árvores-estrelas": 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 13, 15, 16, 17, 20, 21; pois associam:

- rápido crescimento (1, 2, 3, 4, 6, 7, 8);
- mais alto fator de forma (7, 8, 11, 15, 16, 17);
- maior coeficiente de flexibilidade (4, 11, 13, 15, 20);
- maior índice de enfeltramento (1, 16, 21);
- maior relação comprimento/espessura (1, 4, 13, 15, 20);
- maior comprimento da fibra (1, 4, 6, 16, 20, 21);
- maior proporção de fibras longas (1, 20, 21).

3.3. Produção massal de sementes

Com o objetivo de se produzir sementes para atender programas de plantios onde não se objetiva direcionar a qualidade da madeira para um ou outro tipo anteriormente citado, po de-se empregar mudas clonais de todas as "árvores-estrelas", pois está claro que todas as 22 "árvores-estrelas" já são árvores superiores e que podem servir de base para obtenção de matrizes.

4. Comentário final

Programas de melhoramento florestal apoiados em dados de qualidade da madeira devem-se tornar cada vez mais populares, pois a madeira produzida pelas florestas é o produto que será usado pelas indústrias de conversão. O presente trabalho foi apresentado com a finalidade primeira de esboçar um programa onde esses propósitos eram considerados conjuntamente aos parâmetros silviculturais. Somente no futuro poder-se-á realizar uma avaliação do sucesso desse procedimento.

5. Bibliografia

BUSNARDO, C.A.; GONZAGA, J.V.; MENOCELLI, S.; BENITES, E.P.; DIAS, C. & FOELKEL, C.E.B. Umidade ao abate da madeira e da casca de *Eucalyptus saligna*. IV Congresso Florestal Brasileiro. Entregue para publicação. 1982

FOELKEL, C.E.B.; BUSNARDO, C.A.; ZVINAKEVICIUS, C. & BORSSATTO, M.F.B. Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para produção de celulose. I. *Eucalyptus* tropicais. O Papel 42 (2): 52 - 56, 1981

FOELKEL, C.E.B.; BUSNARDO, C.A.; DIAS, C.; SCHMIDT, C.; SILVA, R.M.R. & VESZ, J.B.V. Variabilidade radial da madeira de *Eucalyptus saligna*. IV Congresso Florestal Brasileiro. Entregue para publicação. 1982

VAN BUIJTENEN, J. P. Fiber for the future. Tappi 65 (8): 10 - 12, 1982

6. Agradecimentos

Os autores desejam expressar seus agradecimentos às seguintes pessoas que colaboraram para a realização dessa pesquisa: Ernani P. Benites, João Batista V. Vesz, Antonio Jaír P. Freitas, Sílvia R. Rodrigues, Vitória C. Fernandes, Janaína G. Albuquerque, Sérgio Favero e Eldes Romano Marchetti.