

CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA E DA PASTA TERMOMECÂNICA DE *Pinus patula* var. *tecunumanii* PARA PRODUÇÃO DE PAPEL IMPRENSA

Vanilda R. S. Shimoyama*
Marcelo Sérgio Souza Wiecheteck*

INTRODUÇÃO

O grupo de *Pinus* da secção *Oocarpae*, que inclui o *Pinus patula* var. *tecunumanii*, tem tido cada vez mais importância na silvicultura tropical. Esta espécie poderá tomar-se uma das mais importantes coníferas para plantios de florestas tropicais comerciais.

Uma série de debates tem ocorrido acerca da identificação taxonômica da mesma, que tem sido categorizada em diferentes espécies, variedades ou subespécies. Recentes estudos têm encontrado suporte para a separação taxonômica do *Pinus patula* e do *Pinus tecunumanii*, classificando-os como espécies distintas (DONAHUE, 1989).

No presente trabalho optou-se pela nomenclatura de *P. patula* var. *tecunumanii* adotado pelo Oxford Forest Institute, instituição de origem do material genético.

Quanto ao desenvolvimento da espécie, crescimento em altura e produção volumétrica, estes têm se mostrado superiores em algumas procedências (GIBSON, 1987). Resultados de testes genéticos implantados nos trópicos indicam que o *P. patula* var. *tecunumanii* possui alta produção volumétrica e alto crescimento para procedências de baixa altitude de Belize e Nicarágua (DVORAK & KELLISON, 1991).

Em função do grande interesse que esta espécie tem despertado, estudos visando caracterizar a qualidade da sua madeira vêm sendo conduzidos. Até o presente, resultados obtidos indicam que a espécie, na região de origem, é considerada a melhor para as características de forma e propriedades da madeira entre os *Pinus* da América Central.

Resultados obtidos de testes em locais onde o *P. patula* var. *tecunumanii* foi introduzido, indicam que o mesmo apresenta densidade da madeira e qualidade da pasta similares a outras espécies de *Pinus*, como por exemplo *P. oocarpa* e *P. caribaea*.

Quando introduzido em altitudes apropriadas o mesmo apresenta características adequadas para a fabricação de pastas, papel e chapas de madeira. Resultados escassos sobre a qualidade da madeira desta espécie foram relatados em nossas condições.

Este trabalho tem como objetivo verificar as características da madeira e da pasta termomecânica de *Pinus patula* var. *tecunumanii*, introduzido no Brasil, para utilização na fabricação de papel imprensa, como alternativa ao *P. taeda*.

MATERIAL E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL GENÉTICO

No estudo em questão, foram utilizadas árvores de população base de *Pinus patula* var. *tecunumanii*, implantada na Estação Experimental de Anhembi, em Anhembi-SP. O material pertencente ao Departamento de Ciências Florestais - ESALQ/USP, foi implantado em 1979, e coletado com 12 anos de idade.

* PISA FLORESTAL S.A. – Rodovia PR – 151 km 232 – 84200-000 – Jaguariaíva, PR

O projeto original foi implantado como *Pinus oocarpa* de Mountain Pine Ridge/Belize, sendo o material proveniente da Universidade de Oxford, e posteriormente reidentificado como *Pinus patula* var. *tecunumanii* (*Pinus tecunumanii*). O material genético foi obtido de populações da origem, não tendo sofrido nenhum processo de melhoramento.

A Estação está localizada em altitude de 500 m, relevo plano a suave ondulado e solo latossolo vermelho-amarelo fase arenosa. O clima é Cwa com temperatura média anual de 21°C e fraca ocorrência de geadas. A precipitação média anual é de 1.350 mm sem déficit hídrico pronunciado.

Com 12 anos o povoamento apresentava uma altura média de 23,6 m, crescendo em média 2,0 m por ano, enquanto que o *P. taeda*, nas mesmas condições cresce em média 1,50 m por ano. O DAP médio do povoamento foi de 24,6 cm.

CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA

Para o estudo dos parâmetros de qualidade da madeira foram tomadas cinco árvores com diâmetros próximos ao diâmetro médio do povoamento. De cada árvore retirou-se seis discos nas alturas da base, do DAP, à 25, 50, 75 e 100 % da altura comercial, como mostra a FIGURA 1.

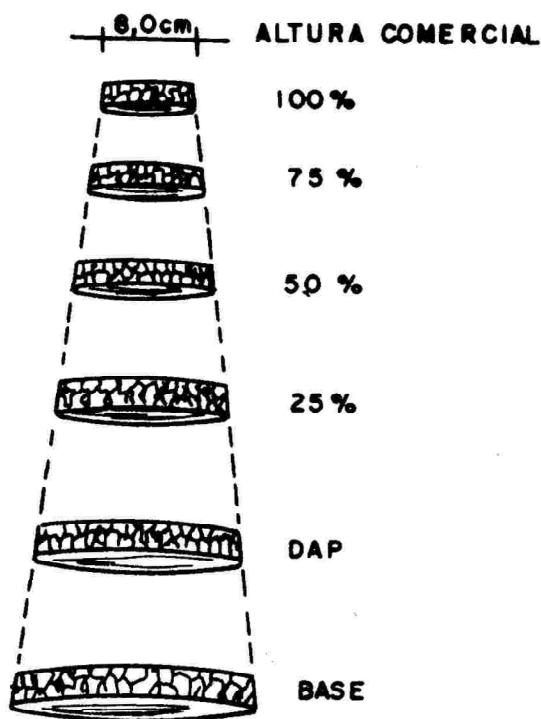


FIGURA 1 – Amostragem na árvore-discos.

Para cada disco determinou-se a densidade básica da madeira e a porcentagem de casca em peso e em volume através da seguinte metodologia:

1. Manutenção da amostra de madeira (que deve estar com casca) imersa em água até saturação completa;
2. Determinação do peso imerso (PIT) da amostra, usando balança hidrostática;
3. Remoção da água superficial e pesagem da amostra obtendo-se o peso úmido (PUT);
4. Retirada da casca e utilização da amostra de madeira para determinação dos pesos imersos (PIM) e úmido (PUM) da madeira sem casca;
5. Pesagem da casca, obtendo-se o peso úmido (PUC) e colocando-a em seguida em estufa;
6. Colocação da amostra de madeira na estufa para obtenção do peso seco (PSM);
7. Obtenção da densidade básica através da expressão:

$$Db \text{ madeira} = \frac{PSM}{PUM - PIM}, \text{ onde}$$

Db madeira = densidade básica da madeira sem casca (g/cm^3)

PSM = peso seco da madeira sem casca (g)

PUM = peso úmido da madeira sem casca (g)

PIM = peso imerso da madeira sem casca (g)

As porcentagens de casca em volume e em peso foram calculadas através das fórmulas:

$$\% \text{ casca em volume} = 1 - \frac{PUM - PIM}{PUT - PIT} * 100, \text{ onde}$$

PUM = peso úmido da madeira sem casca (g)

PIM = peso imerso da madeira sem casca (g)

PUT = peso úmido da madeira com casca (g)

PIT = peso imerso da madeira com casca (g)

$$\% \text{ casca em peso} = \frac{PSC}{PSM - PSC}, \text{ onde}$$

PSC = peso seco da casca (g)

PSM = peso seco da madeira sem casca (g)

Através dos discos preparou-se uma amostra composta de todas as árvores, que foi transformada em serragem para determinação da composição química da madeira (holocelulose, lignina e extrativos totais), de acordo com as normas ABTCP. Da mesma amostra composta, parte foi macerada através do processo nítrico-acético, conforme BARRICHELO & FOELKEL (1983), para mensuração das dimensões das fibras (comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lúmen) através de técnicas de

microscopia e projeção. Determinaram-se também as relações entre essas dimensões, tais como o índice de Runkel, relação entre a espessura da parede e o diâmetro do lúmen, a fração parede, expressa pela relação entre a espessura da parede e a largura da fibra, o índice de enfilamento, que relaciona o comprimento e a largura da fibra e o coeficiente de flexibilidade expresso pela relação entre o diâmetro do lúmen e a largura da fibra. Ao referir-se às coníferas, o termo correto, cientificamente, seria traqueídes, entretanto, no trabalho será utilizado o termo fibra, adotado industrialmente.

PRODUÇÃO DA PASTA

Os testes da pasta termomecânica foram realizados nos laboratórios de testes e pesquisa da empresa Andritz Sprout-Bauer, em Springfield/Ohio-USA.

A amostragem foi feita tornando-se 3 toretes de 1,20 m, sendo um na base, um no meio e o terceiro no topo da árvore, como mostra a FIGURA 2. A madeira foi transformada em cavacos e em seguida em pasta termomecânica. Ao todo utilizaram-se 5 tratamentos, os quais foram submetidos a um refinador de disco pressurizado, modelo 418, por 1 minuto e pressão de 2,1 BAR. A partir dessa pasta (amostra A₁) foram tomadas quatro amostras (A₂, A₃, A₄ e A₅), as quais foram submetidas a refinamentos em refinador de disco duplo, atmosférico modelo 401, nos graus de drenagens especificados na TABELA 1.

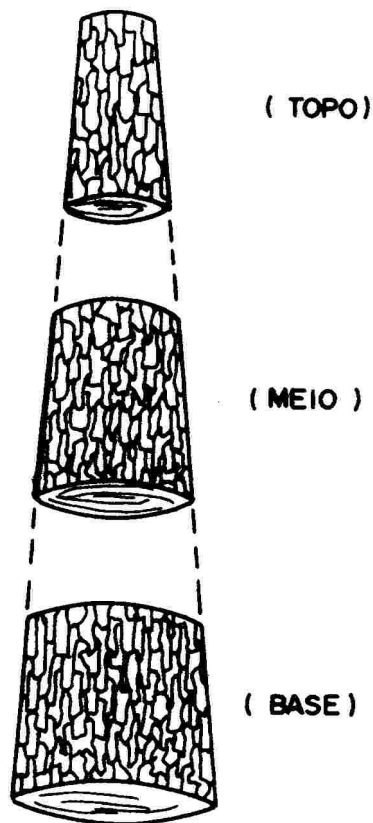


FIGURA 2 – Amostragem na árvore-toretas.

TABELA 1 – Grau de drenagem das amostras de pasta.

Parâmetro	Amostras				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
Refinador	418	401	401	401	401
Grau de Drenagem (CSF)	697	252	170	121	99

RESULTADOS

Observa-se através da TABELA 2 que o *Pinus tecunumanii* apresenta uma densidade relativamente alta para 12 anos (0,445 g/cm³) quando comparado a outras espécies do gênero *Pinus*. Como exemplo a densidade do *Pinus taeda*, espécie consagrada na produção de pastas, é de 0,370 g/cm³ em povoamentos comerciais no sul do Brasil, como mostra a FIGURA 3.

TABELA 2 – Densidade básica da madeira (Base-topo) – *Pinus patula* var. *tecunumanii*.

Árvore	Posição Base-Topo						Média
	Base	DAP	25%HC	50%HC	75%HC	100%HC	
1	0,478	0,465	0,442	0,463	0,410	0,423	0,449
2	0,485	0,467	0,451	0,462	0,474	0,489	0,466
3	0,450	0,495	0,449	0,440	0,451	0,481	0,449
4	0,459	0,482	0,439	0,421	0,458	0,458	0,442
5	0,440	0,420	0,410	0,416	0,385	0,385	0,417
\bar{m}	0,462	0,457	0,438	0,446	0,442	0,447	0,445
s	0,019	0,029	0,017	0,022	0,028	0,043	0,018
CV	4,080	6,321	3,770	4,950	6,226	9,662	3,997

\bar{m} = média

s = desvio-padrão

CV = coeficiente de variação (%)

Através da TABELA 2 verifica-se que a variação entre árvores para a característica estudada é bastante baixa, sendo o coeficiente de variação de aproximadamente 4,0%. O mesmo ocorre para as posições estudadas, onde apenas 100% da altura comercial apresenta maior variação para a densidade entre árvores (coeficiente de variação de 9,7%). Lembrando, as árvores utilizadas representam a média em diâmetro do povoamento e a baixa variação entre árvores pode estar ligada a tal fato.

Quanto à densidade no sentido base-topo, somente 5 árvores não são suficientes para definir um modelo de variação, entretanto nota-se que há uma tendência em decrescer a densidade no referido sentido, como mostra a FIGURA 3.

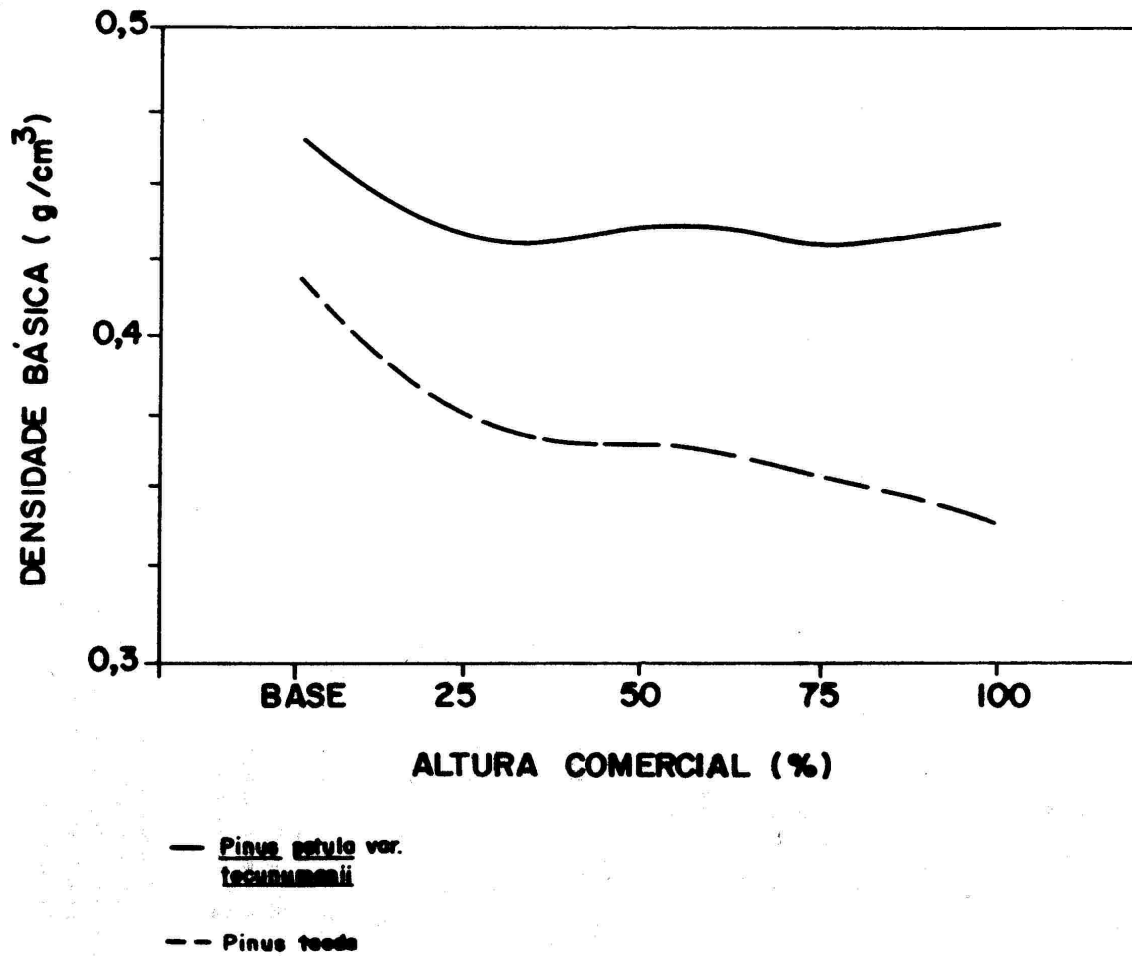


FIGURA 3 – Variação longitudinal da densidade básica da madeira

TABELA 3 – Porcentagem de casca em volume (Base-topo) – *Pinus patula* var. *tecunumanii*.

Árvore	Posição Base-Topo						Média
	Base	DAP	25%HC	50%HC	75%HC	100%HC	
1	20,98	10,03	10,29	7,41	9,23	10,94	12,55
2	17,97	12,50	9,13	8,44	9,76	12,84	11,59
3	19,29	16,53	6,52	8,02	12,52	8,92	11,21
4	12,45	3,14	10,92	7,28	7,90	12,77	10,00
5	14,66	12,03	5,15	6,17	7,27	10,50	8,65
\bar{m}	21,16	14,11	8,40	7,46	9,34	11,12	10,79
s	2,80	3,82	2,48	0,86	2,04	1,57	1,56
CV	13,12	27,64	29,49	11,56	21,85	14,10	13,86

\bar{m} = média

s = desvio-padrão

CV = coeficiente de variação (%)

TABELA 4 – Porcentagem de casca em peso (Base-topo) – *Pinus patula* var. *tecunumanii*.

Árvore	Posição Base-Topo						Média
	Base	DAP	25%HC	50%HC	75%HC	100%HC	
1	17,93	8,78	9,33	5,87	7,63	7,79	10,76
2	13,73	7,87	7,56	6,54	6,74	8,86	8,93
3	21,36	13,20	5,31	6,45	9,37	9,69	10,17
4	15,25	12,73	8,63	5,70	5,73	8,20	9,11
5	17,34	11,45	4,76	4,75	5,16	8,71	8,64
\bar{m}	17,12	11,21	7,12	5,86	6,93	7,85	9,52
s	2,90	1,87	2,01	0,72	1,66	1,28	0,90
CV	16,95	16,71	28,27	12,27	23,99	16,30	9,47

\bar{m} = média

s = desvio-padrão

CV = coeficiente de variação (%)

Através das TABELAS 3 e 4, verifica-se baixo teor de casca para a espécie, tanto em peso quanto em volume (9,52 e 10,79, respectivamente). Geralmente as espécies do gênero *Pinus* apresentam maiores teores de casca. Tal resultado seria importante para os processos que não utilizam a casca. Para o setor de transporte, por exemplo, seria transportada maior quantidade de madeira para um dado volume de toras. Entretanto, para os casos onde se utiliza a casca como fonte de energia, seria necessário um complemento dessa matéria-prima.

Por outro lado, observa-se através dos valores apresentados, altos coeficientes de variação para os teores de casca, tanto entre árvores, quanto para as posições estudadas.

Quanto ao modelo de variação, verifica-se uma tendência em diminuição dos teores de casca da base até o meio da árvore, aumentando em seguida até o topo, obedecendo a um modelo quadrático, como mostra a FIGURA 4.

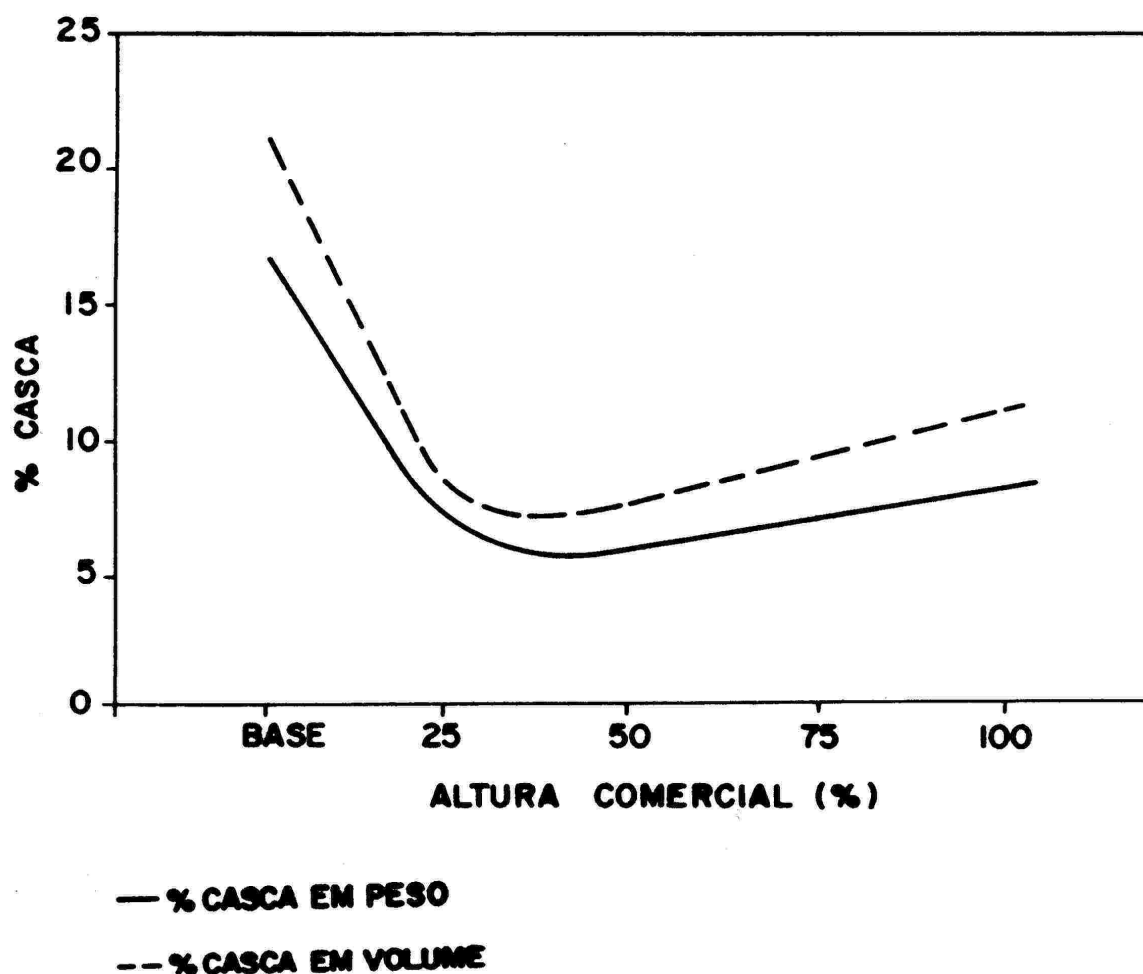


FIGURA 4 – Variação longitudinal da porcentagem de casca em peso e em volume.

TABELA 5 – Dimensão de traqueídes e suas relações.

Dimensão/Relação	Média	Desvio-Padrão	Coefficiente de Variação (%)
Comprimento (mm)	4,560	1,070	23,46
Largura (μm)	54,800	7,531	13,75
Diâmetro do Lúmen (μm)	34,900	10,401	29,84
Espessura da Parede (μm)	10,000	2,680	26,93
Índice de Enfeltramento	83,000	--	--
Índice de Runkel	0,573	--	--
Fração Parede (%)	36,000	--	--
Coefic. De Flexibilidade (%)	64,000	--	--

Na TABELA 5 encontram-se os valores para as dimensões dos traqueídes e suas relações. Observa-se que as fibras são mais longas (4,56 mm) quando comparadas àquelas do *Pinus taeda* com mesma idade (3,53 mm em plantações comerciais no sul do Brasil) e

às demais espécies de *Pinus tropicais*. Dessa forma, espera-se maior resistência do papel. Quanto à espessura da parede, as mesmas se mostram bastante espessas (10,0 μm). Tais valores são positivos para o rendimento em pasta, entretanto, fibras muito espessas são mais rígidas e tendem a manter sua forma original (tubular), não se colapsando na formação do papel, o que pode prejudicar as ligações interfibras, diminuindo as resistências à tração e estouro e aumentando a resistência ao rasgo.

O índice de enfeltramento relaciona o comprimento e a largura da fibra. Quanto maior o seu valor, maior resistência ao rasgo terá o papel. O valor 83 encontrado para a madeira de *Pinus tecunumanii* confere boa resistência ao papel produzido.

O índice de Runkel é expresso pela relação entre a espessura da parede e o diâmetro do lúmen da fibra. Em geral, quando esta relação é menor que 1, como ocorreu no estudo, a celulose ou pasta possui boa qualidade.

A fração parede relaciona a espessura da parede e a largura da fibra. Para valores acima de 40%, esperam-se baixa resistência à tração e ao estouro, porque as fibras são extremamente rígidas, dificultando as interligações entre as mesmas. O valor apresentado pela espécie (36 %) é considerado muito bom, mostrando que as fibras podem se colapsar facilmente, o que confere maior resistência ao papel.

Quanto ao coeficiente de flexibilidade que relaciona o diâmetro do lúmen e a largura da fibra, quanto maior seu valor, mais flexível será a fibra, ocorrendo maiores possibilidades de ligações entre as mesmas, o que aumentaria as resistências à tração e ao estouro. As fibras de *P. tecunumanii* são bastante flexíveis, apresentando um excelente valor para o coeficiente de flexibilidade (64 %).

Na TABELA 6 é apresentada a composição química da madeira de *P. patula* var. *tecunumanii*. O teor de holocelulose encontra-se baixo, podendo influenciar negativamente no rendimento em pasta. O valor para o teor de lignina (35,5 %) é bastante alto em comparação com outras espécies do gênero, podendo influenciar as ligações entre fibras. Em geral, quando o teor de lignina é muito alto, a porcentagem de lignina residual é elevada podendo formar uma película em volta da fibra, proporcionando menor resistência ao papel. Valor bastante baixo é verificado para o teor de extrativos (4,1 %) dessa madeira. Este resultado é muito importante na produção de pasta termomecânica, podendo diminuir os problemas com resinas nos refinadores.

TABELA 6 – Composição química da madeira de *Pinus patula* var. *tecunumanii*.

COMPONENTE	MÉDIA (%)	DESVIO-PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)
HOLOCELULOSE	60,41	2,11	3,49
LIGNINA	35,49	2,01	5,67
EXTRATIVOS TOTAIS	4,10	0,10	2,35

A consistência utilizada para cada amostra é apresentada na TABELA 7. Para o refinador de disco pressurizado a consistência foi de 43,6%, chegando-se a um grau de drenagem de 697 ml CSF e a porcentagem de finos encontrada foi de 7,38%. Para o refinador de disco duplo atmosférico, a consistência chegou a 22,7% para todas as amostras, variando-se o grau de drenagem de 252 para 99 CSF. Os teores de finos obtidos nas últimas amostras variaram de 1,86 a 1,16%.

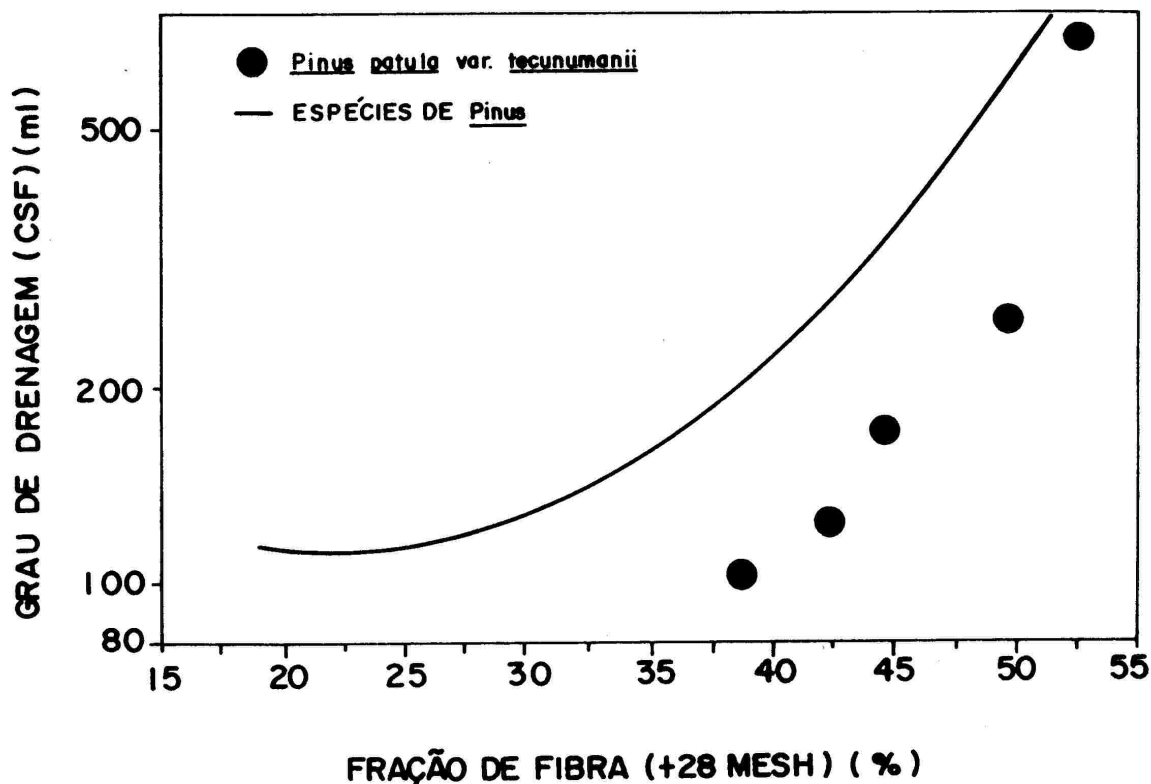
A porcentagem de extrativos decresceu de 1,60 para 1,43% da amostra A₁ para a A₅, valores considerados baixos na pasta.

TABELA 7 – Características da pasta termomecânica.

Parâmetro	Amostras				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
Consistência no refinador (%)	43,60	22,7	22,7	22,7	22,7
Pressão de desfibramento (BAR)	2,07	--	--	--	--
Temperatura utilizada (°C)	134	--	--	--	--
Tempo de retenção	1	--	--	--	--
RPM do desfibrador	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Grau de drenagem (CSF)	697	252	170	121	99
Finos (%) (0,10 mm)	7,38	1,86	1,60	1,46	1,16
% Extrativos	1,60	--	--	--	1,43

Na TABELA 8 é apresentada a classificação das fibras da pasta termomecânica. Observa-se que o teor de fibras longas é bastante elevado para os diferentes graus de drenagem, indicando que a fibra da espécie é pouco danificada durante o processo de obtenção da pasta.

A FIGURA 5 mostra claramente a maior fração de fibras longas dos *Pinus tecunumanii* em relação a outras espécies de *Pinus*. Observa-se também que aumentando o grau de refino, diminui o grau de drenagem e a fração de fibras longas.



FORTE: ANDRITZ / 91

FIGURA 5 – Variação da fração de fibras em função do grau de drenagem

Classificação	Amostras				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
14 mesh	22,8	20,0	15,6	15,0	12,2
28 mesh	30,1	29,8	29,0	27,3	26,4
48 mesh	15,4	16,1	16,6	15,7	15,6
100 mesh	5,4	6,2	6,6	6,7	7,2
200 mesh	2,3	3,5	3,5	4,1	4,6
Acima de 200 mesh	24,0	24,4	28,7	31,2	34,0
Acima de 28 mesh	52,9	49,8	44,6	42,3	38,6

Como pode-se observar na TABELA 9 o papel formado a partir de *Pinus tecunumanii* possui alta resistência ao estouro. Isso pode ser verificado ao comparar a amostra A₅ (100 CSF) com os valores obtidos para o *Pinus taeda*, com 13 anos, apresentados na TABELA 10. Na FIGURA 6 é apresentada a variação dessa característica em função do grau de drenagem; quanto menor o grau de drenagem (menor grau de refino), maior é o valor de resistência ao estouro.

A resistência ao rasgo do papel da espécie é duas vezes superior àquela obtida para o *Pinus taeda* com 13 anos – TABELA 10 – (9,8 e 4,1 mN.m²/g, respectivamente). Na FIGURA 7 podemos verificar a resistência à tração (FIGURA 8). Com estes valores para as

propriedades físico-mecânicas do papel, não seria necessário o uso de celulose na pasta, com o objetivo de conferir maior resistência. Assim, poder-se-ia diminuir consideravelmente os custos de produção do papel.

O valor encontrado para alvura também mostrou-se elevado quando comparado aos resultados obtidos para o *P. taeda* (TABELA 10). Apenas a opacidade apresentou-se inferior a esta espécie.

TABELA 9 – Características físico-mecânicas do papel.

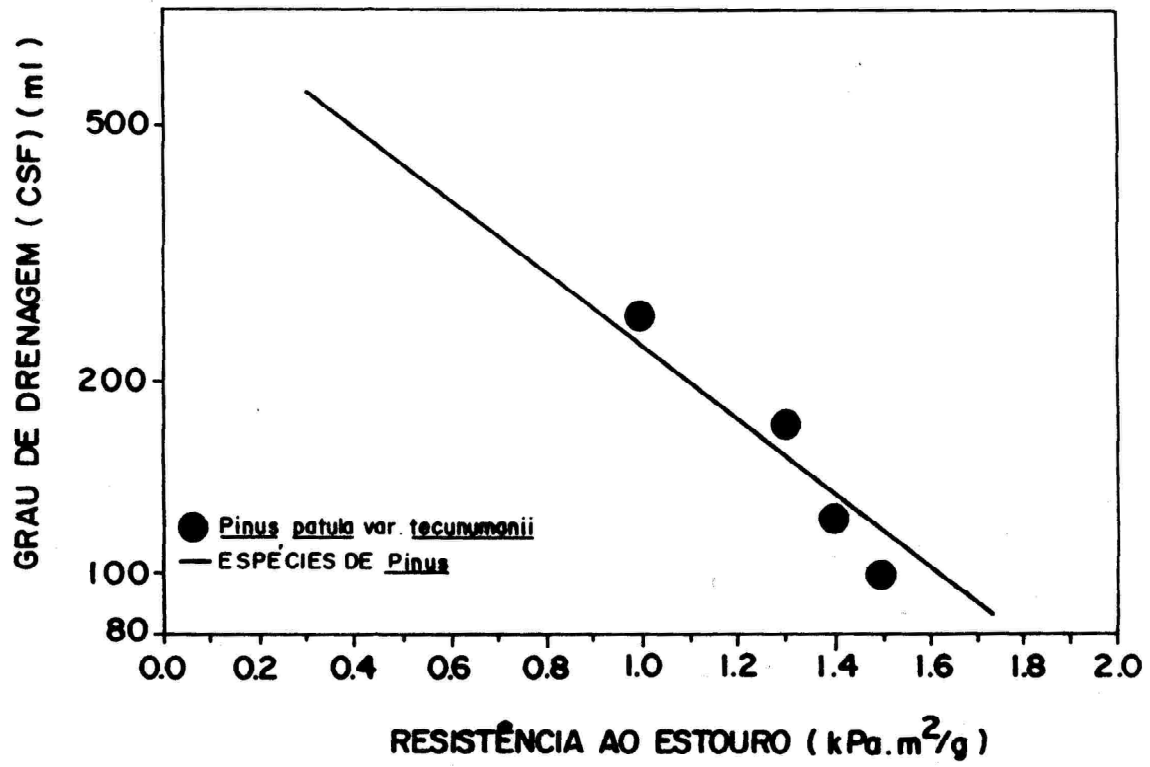
Classificação	Amostras				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
Volume específico (cm ³ /g)	--	3,62	3,47	3,26	3,08
Estouro (KPa.m ² /g)	--	0,90	1,20	1,40	1,50
Resist. Rasgo (mN.m ² /g)	--	10,20	10,80	11,00	9,80
Resist. Tração (N.mg/g)	--	22,20	27,50	31,40	33,60
% Alongamento	--	1,54	1,77	1,95	2,02
Alvura (%) (Elrepho)	--	50,40	50,90	52,10	52,50
Opacidade (%)	--	88,70	90,40	90,50	91,90
Coef. Espalhamento de Luz (m ² /kg)	--	41,20	45,50	48,40	48,20

TABELA 10 – Características da pasta termomecânica e resistência físico-mecânicas de papel de *Pinus taeda* – 13 anos.

CARACTERÍSTICA	
DIMENSÃO DO CAVACO (cm).....	0,95
PRESSÃO DE DESFIBRAMENTO (BAR).....	2,00
TEMPO DE DESFIBRAMENTO (min.).....	1,00
GRAU DE DRENAGEM (CSF(ml)).....	100,00
ALVURA (ELREPHO (%)).....	3,40
VOLUME ESPECÍFICO (cm ³ /g).....	2,60
ÍNDICE DE TRAÇÃO (N.m/g).....	21,70
ÍNDICE DE RASGO (mN.m ² /g).....	4,10
ÍNDICE DE ESTOURO (KPa.m ² /g).....	0,82
OPACIDADE (%).....	98,00

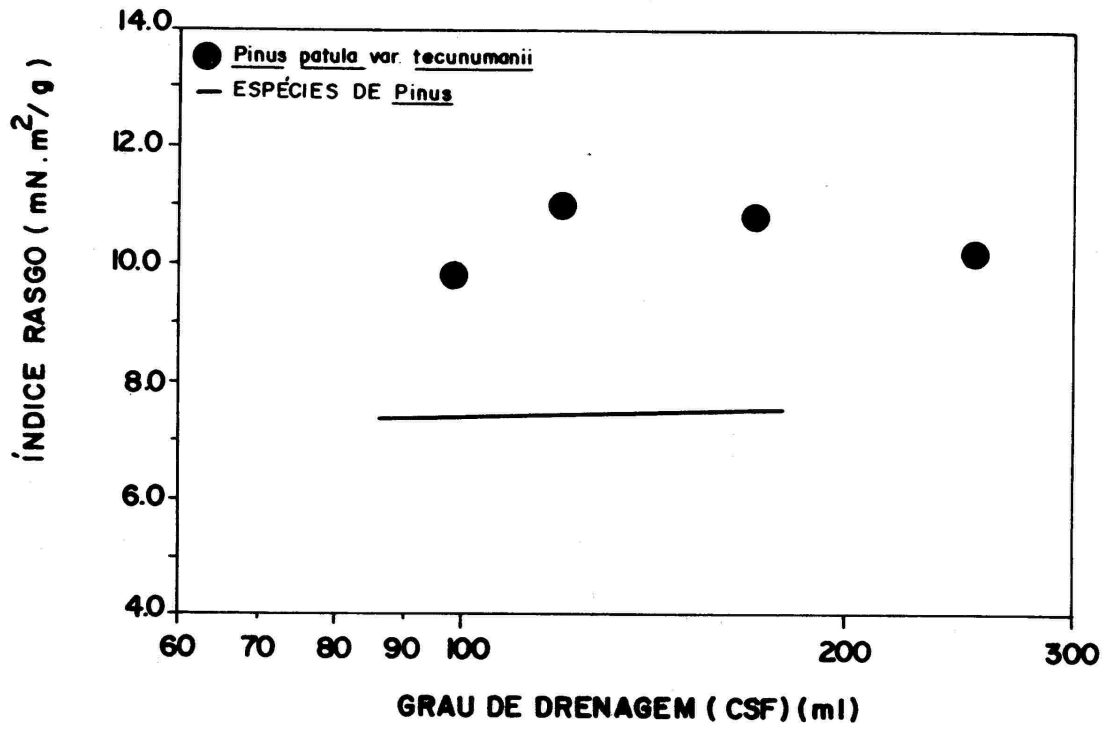
OBS: Grau de drenagem = 100 CSF

FONTE: NEVES et alii (1983)



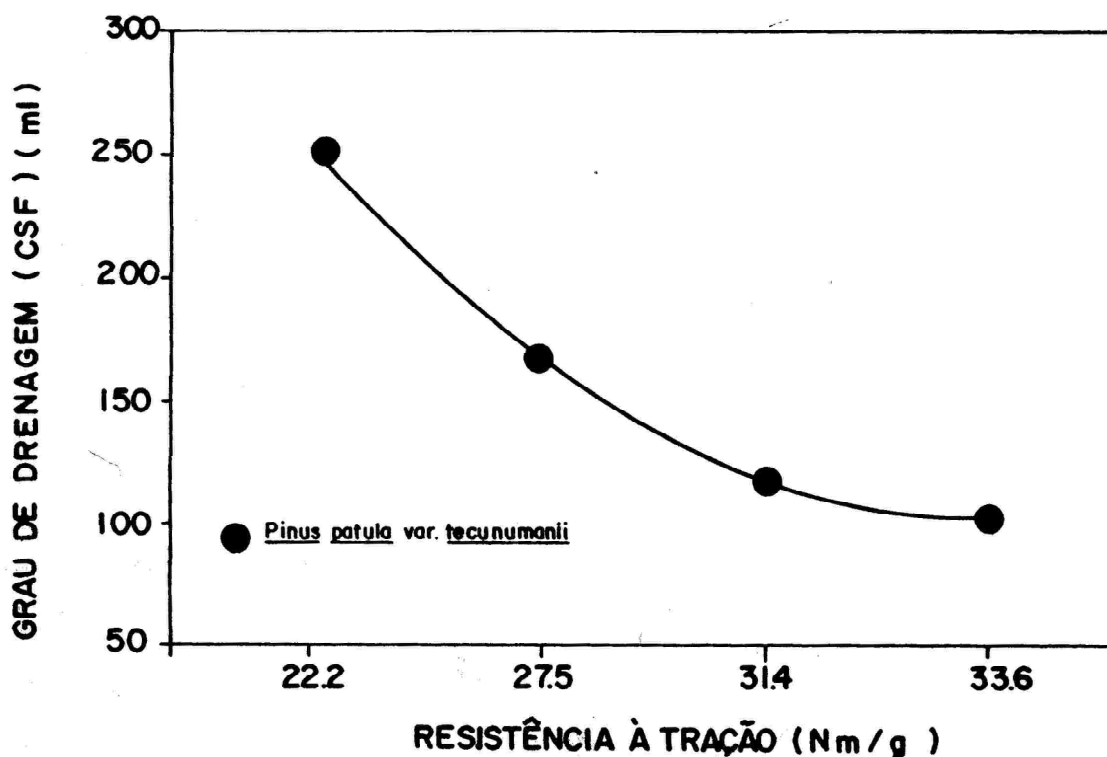
FONTE: ANDRITZ / 91

FIGURA 6 – Variação da resistência o estouro em função do grau de drenagem.



FONTE: ANDRITZ / 91

FIGURA 7 – Variação da resistência ao rasgo em função do grau de drenagem.



FONTE: ANDRITZ/91

FIGURA 8 – Variação da resistência à tração em função do grau de drenagem.

CONCLUSÕES

A densidade básica da madeira de *Pinus patula* var. *tecunumanii* mostrou-se superior àquelas apresentadas por espécies utilizadas na produção de pasta termomecânica;

As dimensões das fibras e a flexibilidade das mesmas são excelentes para a produção de papel imprensa de alta resistência;

A espécie estudada possui baixo teor de extrativos, viabilizando seu uso na produção de pasta termomecânica;

A TPM produzida a partir de *Pinus patula* var. *tecunumanii* possui alto teor de fibras longas;

O papel obtido apresentou alta resistência à tração, rasgo e estouro, superando aquelas normalmente encontradas para espécies consagradas no referido processo;

As características de qualidade da madeira do *P. tecunumanii* poderão ser melhoradas através do controle dos fatores genéticos e silviculturais, mesmo porque a espécie ainda não sofreu nenhum grau de melhoramento;

Aliada à boa qualidade da matéria-prima para produção de pasta, a espécie em questão apresenta altas taxas de crescimento nas condições do país, com produtividades superiores a outras espécies de *Pinus*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRICHELO, L. E. G. & FOELKEL, C.E.B. Processo nítrico-acético para maceração de madeira. **Silvicultura**, São Paulo, **8** (28) : 732-3, jan./fev. 1983.

DONAHUE, J.K. The Camcore closed - cone pine seed collections in Central America & Mexico. **Bulletin on tropical forestry. CAMCORE**, Raleigh (6): 1-25, jun. 1989.

DVORAK, W.S. & KELLISON, R.C. Annotated bibliography on the wood properties of *Pinus tecunumanii*. **Bulletin on tropical forestry, CAMCORE**, Raleigh (9), 1-16, jan., 1991.

GIBSON, G.L. A review of provenance testing of commercially important tropical pines. In: SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENETICO DE ESPECIES FORESTALES, Buenos Aires, 1989. **Anais**. Buenos Aires, CIEF, 1989. v.1. p. 26-66.

NEVES, J.M. et alii Estudos preliminares da polpação de alto rendimento de *Pinus taeda*. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3, São Paulo, 1983. **Anais**. São Paulo, ABTCP, 1983. v.2, p. 469-78.