

# Caracterização da Madeira e da Polpa Kraft do *Pinus caribaea* MOR. VAR. *hondurensis* BARR. E GOLF. com Rabo-de-Raposa

JORGE LUIZ COLODETTE  
JOSÉ LÍVIO GOMIDE  
RUBENS CHAVES DE OLIVEIRA  
Depto. de Engenharia Florestal — UFV

## Summary

Normal and foxtail woods of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* were analyzed for kraft pulp production. The tracheids from foxtail wood presented lower cell wall thickness, larger diameter and higher flexibility than those from normal wood. Chemically, the two woods were quite similar with the exception of hemicelluloses content which was a little higher for the foxtail wood. The basic density of those woods were similar. The foxtail wood was more susceptible to delignification and resulted in pulps with higher strength properties.

## Resumo

Foram estudadas, em laboratório, as características tecnológicas da madeira e da polpa kraft do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, analisando-se árvores normais e árvores com rabo-de-raposa. As características dimensionais mostraram que os traqueídeos da madeira rabo-de-raposa são mais flexíveis que os da madeira normal, por apresentarem menor espessura de parede e maior diâmetro do lúmen. Quimicamente, a madeira normal e a de rabo-de-raposa foram muito semelhantes, com exceção do teor de hemiceluloses que foi pouco maior para a madeira rabo-de-raposa. As densidades básicas dos dois tipos de madeira foram semelhantes. A polpa proveniente da madeira rabo-de-raposa apresentou maior facilidade de deslignificação e melhores propriedades de resistência, com destaque para o índice de rasgo.

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda para celulose de fibra longa nos mercados nacional e internacional tem estimulado cada vez mais o reflorestamento com espécies do gênero *Pinus*.

Dentro do gênero *Pinus*, destacam-se as espécies tropicais, sendo o *Pinus caribaea* uma das mais importantes, em virtude de se desenvolver bem desde o nível do mar até 1000 m de altitude (5). Das três variedades de *Pinus caribaea*, a variedade *hondurensis* é a que tem apresentado melhor desenvolvimento no Brasil. Existem plantios dessa variedade no Estado de São Paulo que apresentam incremento volumétrico médio de 28 m<sup>3</sup> de madeira sem casca, por hectare/ano (6). É uma das variedades mais cultivadas no País. Potencialmente, pode ser plantada desde o Norte do Paraná até a Amazônia (5).

Essa variedade apresenta, em alguns locais, taxa de crescimento maior que em sua região de origem e o tipo de madeira produzida difere marcadamente, com reflexos em suas características intrínsecas e características de utilização (2). Em alguns locais verifica-se, também, grande incidência de árvores com um desenvolvimento anormal, causado pela deficiência em lançar gemas laterais que, na árvore normal, após crescimento, formariam galhos. Este fenômeno é comumente denominado rabo-de-raposa ("foxtail") (7). Essa anomalia pode exceder a 35% das árvores em alguns povoamentos (8).

Há uma tendência crescente para utilização do material do primeiro desbaste das plantações de *Pinus* nas indústrias de celulose. Esse material, em plantações de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, contém, geralmente, alta proporção de árvores com rabo-de-raposa, uma vez que estas são preferencialmente eliminadas por serem susceptíveis à quebra, pela ação do vento.

Embora a qualidade da madeira rabo-de-raposa seja muito discutida, pouco se sabe sobre suas características, especialmente para produção de celulose. Estudos mais detalhados sobre sua potencialidade para produção de celulose precisam ser realizados, visando dar suporte para um aproveitamento mais racional e econômico do material do primeiro desbaste que virtualmente é perdido.

O objetivo deste trabalho foi, portanto, caracterizar a madeira e a celulose kraft do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com rabo-de-raposa.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado o *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, com treze anos de idade, obtido de plantação experimental localizada em Viçosa, Minas Gerais. Foram coletadas, ao acaso, no mesmo povoamento, duas árvores normais e duas com rabo-de-raposa. As árvores normais foram abatidas e seccionadas em discos de 2,5 cm de espessura aos níveis de 0,30 m da base, DAP, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial. Foi estabelecido como altura comercial a altura da árvore até o diâmetro mínimo de 7 cm. Os discos foram descascados e reduzidos, manualmente, a cavacos de 2 a 3 mm de espessura, 2 a 3 cm de largura e 2 a 3 cm de comprimento. Os cavacos foram secados ao ar e armazenados em sacos de polietileno para conservação e uniformização do teor de umidade. Nas árvores com rabo-de-raposa o procedimento foi o mesmo, porém os discos não foram retirados em alturas pré-determinadas e, sim, na região onde ocorria a madeira anormal. A madeira rabo-de-raposa representava cerca de 35% do volume das árvores amostradas.

Foram determinadas densidades básicas, características anatômicas dos traqueídeos e análises químicas das madeiras normal e rabo-de-raposa. As polpas provenientes de cada tipo de madeira foram analisadas com base nos rendimentos, teores de rejeitos, números kappa e propriedades físico-mecânicas. A densidade básica foi determinada em quatro amostras, con-

forme norma TAPPI (9). As características anatômicas dos traqueídeos foram determinadas com auxílio do microscópio (largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede celular) ou utilizando a técnica da microprojeção (comprimento). Foram medidas, após maceração da madeira com solução nítrico-acética, 150 fibras para cada dimensão e para cada tipo de madeira.

As análises químicas foram realizadas segundo normas da ABQP (1), à exceção da determinação da holocelulose que foi realizada utilizando solução de clorito de sódio e ácido acético, tamponada para pH 4,7 e da determinação de pentosanas que foi realizada pelo método brometo-bromato, segundo BROWNING (4). A extração seletiva das hemiceluloses foi realizada por meio do método proposto por BEELIK et alii (3), baseado na diferença de solubilidade entre os três principais tipos de hemiceluloses de conífera (xilanas, galactoglucomananas e glucomananas). As xilanas foram extraídas tratando-se a holocelulose com solução aquosa de KOH 18,5%. O material não extraído com KOH 18,5% foi tratado com solução aquosa de NaOH 1% para solubilização das galactoglucomananas. As glucomananas foram obtidas por meio de extração do material não solubilizado nas duas extrações anteriores com uma solução aquosa de NaOH a 15%. A holocelulose utilizada nas extrações foi preparada tratando-se palitos de madeira por 120 horas (4 tratamentos de 25 horas e um de 20 horas), com clorito de sódio e ácido acético.

O processo de polpação utilizado foi o kraft. Os cozimentos foram realizados em digestor rotativo de aço inoxidável com capacidade de 20 litros, aquecido eletricamente, dotado de quatro compartimentos individuais, com capacidade de dois litros, permitindo a realização de quatro cozimentos simultâneos. Cada cozimento foi realizado com duas repetições. As seguintes condições de cozimento foram mantidas constantes: a) temperatura = 170°C; b) tempo até temperatura máxima = 90 minutos; c) tempo à temperatura máxima = 90 minutos; d) relação licor madeira = 4:1; e) sulfidez = 25%; f) cavacos = 900 g a.s. Foram utilizados álcalis ativos de 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 e 22%, como Na<sub>2</sub>O, para a análise da facilidade de deslignificação dos dois tipos de madeira. Foram determinados os rendimentos, os teores de rejeitos e os números kappa. Para os testes físico-mecânicos, foi estabelecido um número kappa de 40±1 para os dois tipos de madeira. A confecção de folhas para testes físico-mecânicos foi realizada em formador Köthen Rapid. O refinamento das polpas para o desenvolvimento de resistência, foi realizado em moinho centrifugal Jockro. Para os testes das polpas foram seguidas as normas da ABQP (1). Os resultados obtidos foram interpretados com auxílio de análises de regressão. A melhor equação para cada parâmetro foi escolhida com base nos seguintes critérios: significância dos coeficientes individuais da regressão ( $\alpha = 0,05$ ), redução do quadrado médio do erro, valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e análise dos resíduos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Dimensões dos traqueídeos e suas inter-relações

As dimensões dos traqueídeos das madeiras normal e rabo-de-raposa e suas inter-relações estão apresentadas no Quadro 1. Verifica-se que os traqueídeos provenientes da madeira rabo-de-raposa apresentaram comprimento médio cerca de 6,5% inferior aos da madeira normal (4,06 e 4,34 mm, respectivamente). Os traqueídeos da madeira rabo-de-raposa apresentaram menor largura e maior diâmetro do lúmen. A espessura da parede celular dos traqueídeos da madeira rabo-de-raposa foi, em média, cerca de 19% inferior aos da madeira normal. A menor espessura da parede pode ser atribuída à menor proporção de lenho de fim de estação que, provavelmente, ocorre na madeira rabo-de-raposa. Os valores do índice de Runkel e da fração parede indicaram que os traqueídeos da madeira normal são mais rígidos

que os da madeira rabo-de-raposa que, também, evidencia-se pelo maior coeficiente de flexibilidade apresentado pelos traqueídeos da madeira rabo-de-raposa. Com base nas características dimensionais dos traqueídeos das madeiras normal e rabo-de-raposa, pode-se dizer que, em linhas gerais, ambas as madeiras são satisfatórias para a obtenção de celulose.

#### 3.2. Densidade e composição química

No Quadro 2 são mostrados os resultados médios das análises químicas e das densidades básicas das madeiras normal e rabo-de-raposa do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Os valores médios das densidades básicas das madeiras normal e rabo-de-raposa foram semelhantes (0,45 e 0,46 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente). Estes resultados coincidem com os de WOODS et alii (10) quanto à semelhança entre as densidades dos dois tipos de madeira, porém discordam em relação ao valor da densidade. Os resultados encontrados por BARRICHELO (2), para madeira normal de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, confirmam os resultados deste estudo. Considerando-se a idade das árvores, as densidades determinadas estão dentro dos limites normalmente encontrados para as espécies do gênero *Pinus* que desenvolvem no Brasil.

Os resultados das análises químicas das madeiras foram semelhantes tendo, entretanto, a madeira rabo-de-raposa apresentado um teor de pentosanas cerca de 13% superior ao da madeira normal.

O teor total, base madeira, das hemiceluloses (xilanas, galactoglucomananas e glucomananas) da madeira rabo-de-raposa foi 0,86% superior ao da madeira normal (21,35 e 20,49%, respectivamente).

A percentagem de xilanas foi semelhante para as madeiras normal e rabo-de-raposa. Comparando-se os teores de pentosanas com os de xilanas, para os dois tipos de madeira, verifica-se que são muito próximos, principalmente na madeira normal. Esse resultado demonstra que o método utilizado na extração seletiva das hemiceluloses apresenta resultados semelhantes aos obtidos pelo método tradicional de determinação de pentosanas.

A madeira rabo-de-raposa apresentou um teor mais elevado de glucomananas, as hemiceluloses mais abundantes na madeira de conífera. Essa maior fração de glucomananas deverá ter sido responsável pelo maior teor total de hemiceluloses na madeira rabo-de-raposa. O teor de galactoglucomananas foi praticamente igual nos dois tipos de madeira.

#### 3.3. Deslignificação das madeiras

Os modelos matemáticos que melhor descreveram a relação entre número kappa e álcali ativo para as madeiras normal e rabo-de-raposa são mostrados no Quadro 3. Dentro dos limites de álcalis ativos estudados (15 a 22%, como Na<sub>2</sub>O) a madeira rabo-de-raposa apresentou maior facilidade de deslignificação que a madeira normal, como observado na Figura 1. Para obtenção de um número kappa 25, por exemplo, a necessidade de álcali ativo foi aproximadamente 2% inferior para a madeira rabo-de-raposa. Para valores muito baixos ou muito altos de número kappa, entretanto, a diferença na necessidade de álcali para os dois tipos de madeira foi menor mas, mesmo assim, a madeira rabo-de-raposa necessitou de menos álcali. A maior facilidade de deslignificação da madeira rabo-de-raposa pode estar relacionada com a menor espessura da parede celular dos traqueídeos, o que facilita a penetração do licor de cozimento, tornando, portanto, mais fácil o ataque à lignina. Outra hipótese seria o fato de haver diferenças estruturais entre as ligninas dos dois tipos de madeira. Em relação ao teor de lignina, não foi possível explicar esses resultados, uma vez que os teores de lignina das madeiras foram praticamente iguais.

QUADRO 1 - Dimensões dos traqueídeos das madeiras normal e rabo-de-raposa do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e suas inter-relações

Dimensões	Madeira normal	Madeira rabo-de-raposa
Comprimento, mm		
. máximo	6,22	6,89
. médio	4,34	4,06
. mínimo	1,85	1,63
. desvio padrão	0,962	1,098
. coeficiente de variação, %	22,17%	27,04%
Largura, $\mu$ m		
. máxima	85,57	67,87
. média	49,57	46,71
. mínima	27,54	21,64
. desvio padrão	11,34	10,25
. coeficiente de variação, %	22,88	21,94
Espessura da parede, $\mu$ m		
. máxima	24,59	19,67
. média	10,40	8,46
. mínima	4,43	1,47
. desvio padrão	3,82	3,29
. coeficiente de variação, %	36,73	38,95
Diâmetro do lúmen, $\mu$ m		
. máximo	66,89	50,16
. médio	28,78	29,79
. mínimo	1,97	2,95
. desvio padrão	14,50	12,28
. coeficiente de variação, %	50,38	41,22
Índice de infeltramento	87,60	86,90
Índice de Runkel	0,72	0,57
Fração parede	42,00	36,20
Coefficiente de flexibilidade	58,00	63,80

QUADRO 2 - Densidade básica e composição química das madeiras normal e rabo-de-raposa do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Análise	Madeira normal	Madeira rabo-de-raposa
Densidade básica, g/cm <sup>3</sup>	0,45	0,46
Solubilidade em:		
. água fria, %*	1,81	1,82
. água quente, %	3,21	3,27
. NaOH 1%, %	11,50	11,46
. álcool/benzeno, %	3,80	3,43
Teor de:		
. holocelulose, %	68,80	69,80
. pentosanas, %	6,61	7,63
. xilanas, %	6,67	6,72
. galactoglucomananas, %	1,99	1,93
. glucomanas, %	11,83	12,70
. lignina, %	27,94	27,60
. cinzas, %	0,17	0,16

\* Todas as percentagens são expressas base madeira absolutamente seca.

QUADRO 3 - Modelos matemáticos mais adequados de cada parâmetro estudado para as madeiras normal e rabo-de-raposa

Equação	R <sup>2</sup>	Sx.y*
<b>Madeira normal:</b>		
Car** = 3142,5 + 104,2 TM** - 0,6 TM <sup>2</sup>	82,6	762,30
Al** = 1,09 + 0,054 TM - 0,0007 TM <sup>2</sup> + 0,0000026 TM <sup>3</sup>	61,9	0,36
Ar** = 12,8 + 1,004 TM - 0,011 TM <sup>2</sup> + 0,000039 TM <sup>3</sup>	74,4	6,80
Ra** = 242,7 - 5,35 TM + 0,063 TM <sup>2</sup> - 0,00026 TM <sup>3</sup>	78,3	33,83
Ds** = 0,405 + 0,0081 TM - 0,00011 TM <sup>2</sup> + 0,00000049 TM <sup>3</sup>	98,1	0,012
SR** = 14,83 - 0,525 TM + 0,0144 TM <sup>2</sup> - 0,00000039 TM <sup>4</sup>	99,0	2,68
K** = -38,98 + 1329,2 (1/AA**)	99,4	0,77
Rt** = 27,74 + 293,1 (1/AA)	97,4	0,35
Rd** = 43,2 - 0,000092 AA <sup>4</sup>	69,5	0,49
R** = -204,9 + 1123,0 (1/AA) - 114,8 log (1/AA)	97,9	0,26
<b>Madeira rabo-de-raposa:</b>		
Car = 3642,7 + 135,6 TM - 1,47 TM <sup>2</sup> + 0,0051 TM <sup>3</sup>	69,5	833,3
Al = 1,41 + 0,0512 TM - 0,00063 TM <sup>2</sup> + 0,0000025 TM <sup>3</sup>	72,2	0,34
Ar = 18,4 + 1,44 TM - 0,0197 TM <sup>2</sup> + 0,000084 TM <sup>3</sup>	92,3	3,80
Ra = 311,7 + 6,03 TM + 0,0766 TM <sup>2</sup> - 0,00034	78,2	37,9
Ds = 0,413 + 0,0072 TM - 0,000075 TM <sup>2</sup> + 0,00000030 TM <sup>3</sup>	88,0	0,042
SR = 11,94 - 0,197 TM + 0,0000066 TM <sup>2</sup>	96,7	3,78
K = 684,1 + 4207,5 (1/AA) - 381,5 log (1/AA)	99,7	0,51
Rt = 28,93 + 271,3 (1/AA) <sup>4</sup>	94,6	0,48
Rd = 44,07 - 0,000012 AA <sup>4</sup>	69,0	0,52
R = -764,4 + 3308,9 (1/AA) - 468,7 log (1/AA) - 0,000064 AA <sup>4</sup>	99,1	0,14

\* Erro padrão residual

\*\* Car = comprimento de auto-ruptura (m); TM = tempo de moagem (min); Al = alongamento (%); Ar = índice de arrebitamento; Ra = índice de rasgo; Ds = densidade (g/cm<sup>3</sup>); SR = grau de moagem (°SR); K = número kappa; AA = álcali ativo (%); Rt = rendimento total (%); Rd = rendimento depurado (%); R = teor de rejeitos (%).

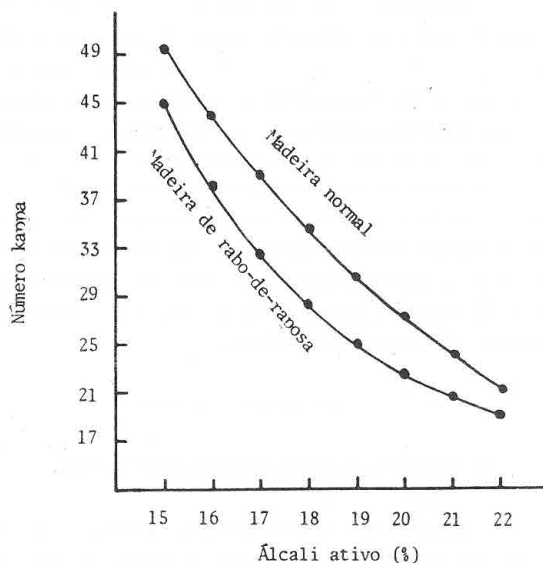


FIGURA 1 - Relação entre número kappa e álcali ativo para as madeiras normal e de rabo-de-raposa.

Essa maior facilidade de deslignificação da madeira rabo-de-raposa é um fator positivo, uma vez que corresponde a uma economia de álcali ativo na polpação e em menor quantidade de álcali a ser recuperado.

### 3.4. Rendimentos

Nas Figuras 2, 3 e 4 estão apresentados, graficamente, os dados obtidos por meio das equações de regressão dos rendimentos total e depurado e do teor de rejeitos, em função do álcali ativo. Em termos de rendimento total, na faixa de álcali ativo estudada, não houve diferença considerável entre os dois tipos de madeira sendo que, para valores mais baixos de álcali ativo, a madeira normal apresentou uma pequena superioridade no rendimento, enquanto que em valores mais altos ocorreu o contrário (Figura 2). A madeira rabo-de-raposa apresentou rendimento depurado bastante superior ao da madeira normal, como pode ser verificado na Figura 3. O maior rendimento depurado apresentado pela madeira rabo-de-raposa poderá ter sido causado pela maior facilidade de deslignificação desta madeira, o que resultou, para um mesmo álcali ativo, menor quantidade de rejeitos (Figura 4). Para o mais baixo valor de álcali ativo estudado (15%), houve uma superioridade de aproximadamente 1,0%, base madeira, no rendimento depurado, para a madeira rabo-de-raposa.

### 3.5. Características físico-mecânicas das polpas

Os resultados médios de comprimento de auto-ruptura, alongamento, índice de arrebentamento, índice de rasgo, densidade e grau de moagem, em função do tempo de moagem para as polpas das madeiras normal e rabo-de-raposa estão apresentados graficamente nas Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10, respectivamente. Os modelos matemáticos que melhor descreveram as relações das propriedades físico-mecânicas das polpas, em função do tempo de moagem, são mostrados no Quadro 3.

Na Figura 5, observa-se que a polpa da madeira rabo-de-raposa apresentou maiores valores de comprimento de auto-ruptura em toda a faixa de tempo de moagem estudada. Resultado cerca de 5% superior, para a polpa da madeira rabo-de-raposa, foi observado no tempo de moagem de 60 minutos. As propriedades de alongamento e índice de arrebentamento foram igualmente superiores para a polpa da madeira rabo-de-raposa, como observado nas Figuras 6 e 7. No tempo de moagem de 60 minutos, verifica-se vantagens em torno de 14% no alongamento e de 19% no índice de arrebentamento, para a polpa da madeira rabo-de-raposa. A superioridade apresentada pela polpa da madeira rabo-de-raposa, em relação às propriedades de comprimento de auto-ruptura, alongamento e índice de arrebentamento, pode estar relacionada com a maior flexibilidade das fibras (Quadro 1) e com o maior teor de hemicelulose (Quadro 2) desse tipo de madeira, o que facilita a operação de refino, resultando em valores mais elevados dessas propriedades. Essa superioridade poderá, também, estar relacionada com a maior facilidade de deslignificação da madeira rabo-de-raposa, a qual necessitou cerca de 1,1% menos álcali ativo, base madeira, para a obtenção do mesmo número kappa ( $40 \pm 1$ ). Essa menor necessidade de álcali ativo causou, provavelmente, menores danos às fibras, durante o cozimento, resultando em polpa de melhores propriedades de resistência. A polpa da madeira rabo-de-raposa apresentou, também maior resistência ao rasgo (Figura 8), sendo superior cerca de 38% no tempo de moagem de 60 minutos. Essa maior resistência ao rasgo está relacionada, provavelmente, com a maior facilidade de deslignificação apresentada pela madeira rabo-de-raposa. Do ponto de vista de refinamento, verifica-se que a madeira rabo-de-raposa foi mais fácil de refinar (Figura 10). Para obtenção do grau de moagem 60<sup>SR</sup>, a celulose da madeira normal necessitou cerca de 90 mi-

nutos, enquanto a madeira rabo-de-raposa necessitou de apenas 66 minutos. A maior facilidade de refinação deve estar relacionada com a maior flexibilidade das fibras e com o maior teor de hemiceluloses apresentado pela madeira rabo-de-raposa. As densidades das folhas provenientes da celulose da madeira rabo-de-raposa foram mais elevadas em toda faixa de tempo de moagem estudada (Figura 9), o que pode ser explicado pela maior facilidade de refinamento da celulose desse tipo de madeira.

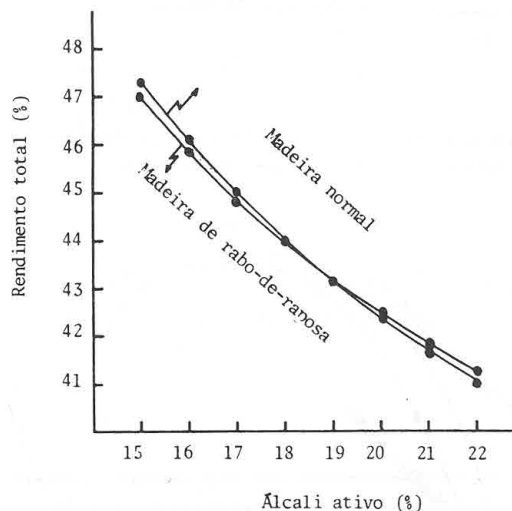


FIGURA 2 - Relação entre rendimento total e álcali ativo, para as madeiras normal e de rabo-de-raposa.

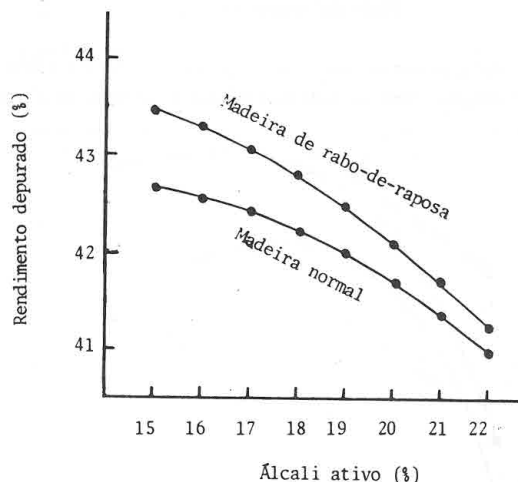


FIGURA 3 - Relação entre rendimento depurado e álcali ativo, para madeira normal e de rabo-de-raposa.

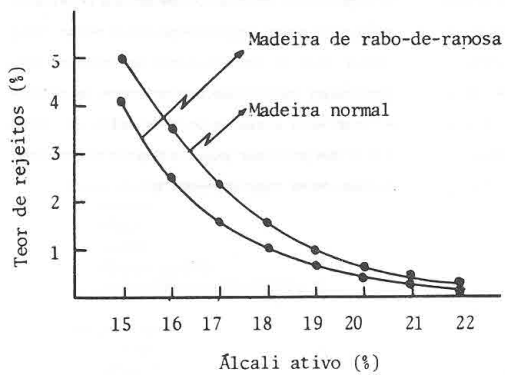


FIGURA 4 - Relação entre teor de rejeitos e álcali ativo, para as madeiras normal e de rabo-de-raposa.

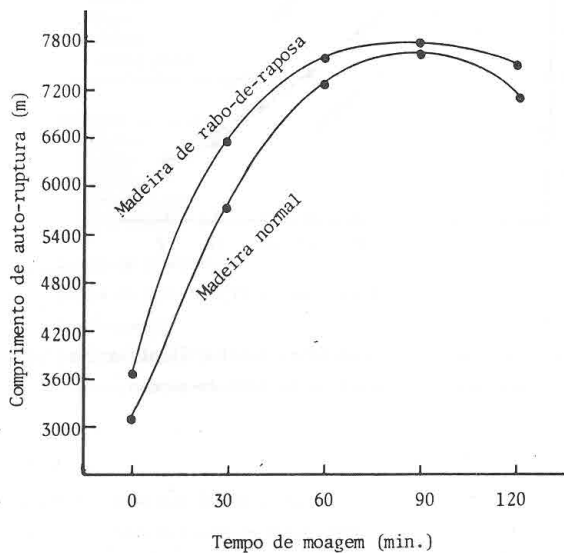


FIGURA 5 - Relação entre comprimento de auto-ruptura e tempo de moagem, para as madeiras normal e de rabo-de-raposa.

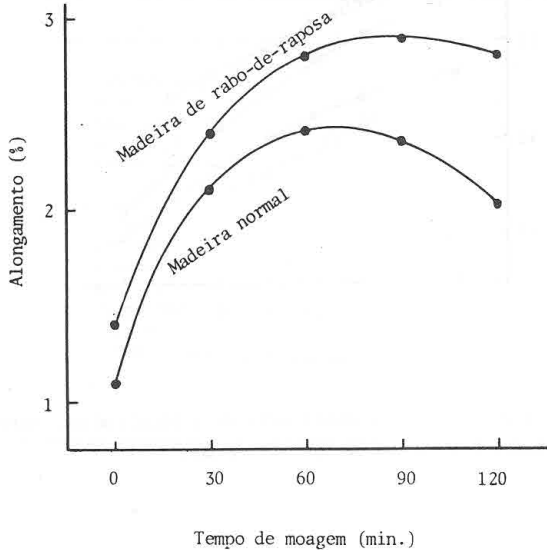


FIGURA 6 - Relação entre alongamento e tempo de moagem, para as madeiras normal e de rabo-de-raposa.

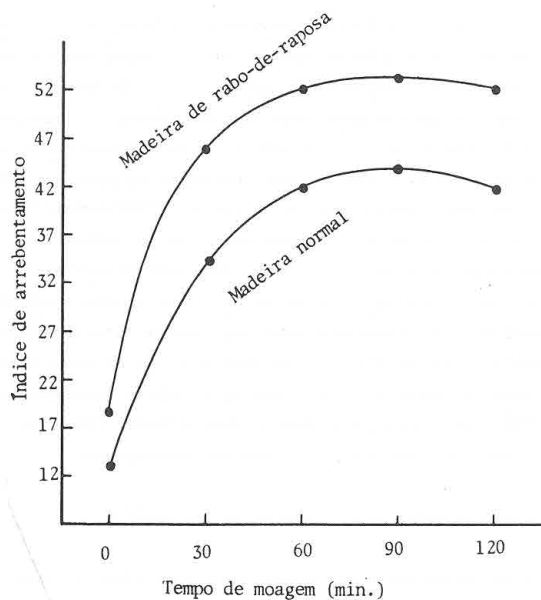


FIGURA 7 - Relação entre índice de arrebentamento e tempo de moagem, para as madeiras normal e de rabo-de-raposa.

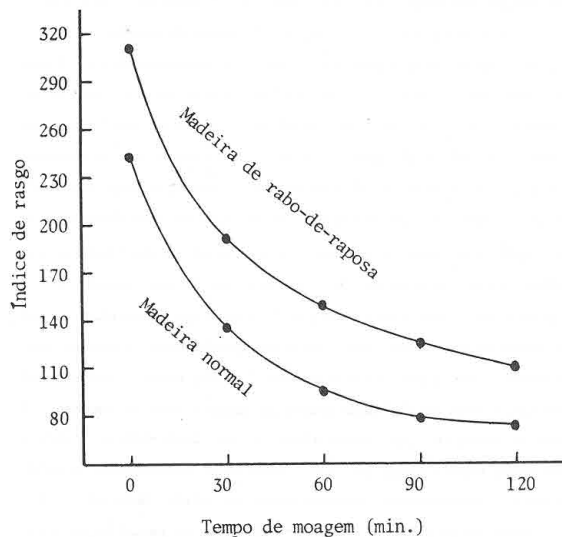


FIGURA 8 - Relação entre índice de rasgo e tempo de moagem, para as madeiras normal e de rabo-de-raposa.

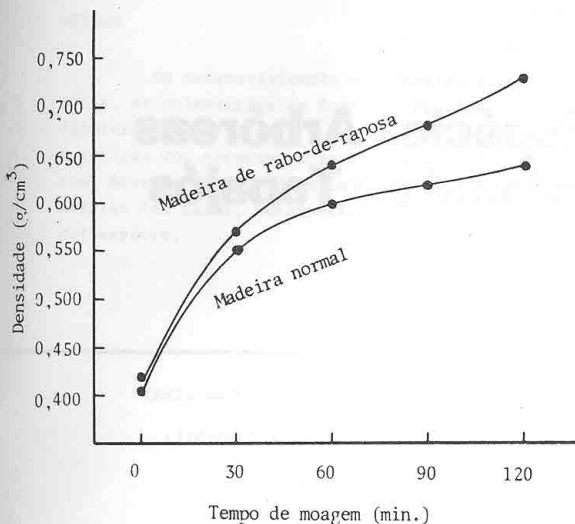


FIGURA 9 - Relação entre densidade e tempo de moagem, para as madeiras normal e de rabo-de-raposa.

LITERATURA CITADA

- ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, São Paulo. Normas Técnicas ABQP. (s.d.).
- BARRICHELO, L.E.G. Estudo das características físicas, anatômicas e químicas da madeira de Pinus caribaea Mor. var. hondurensis Barr. e Golf. para a produção de celulose kraft. Piracicaba, ESALQ-USP, 1979. 167 p. (Tese de Doutorado).
- BEELIK, A., CONCA, R.J., HAMILTON, J.K. & PARTLOW, V.E. Selective extraction of hemicelluloses from softwoods. Tappi, 50(2):78-81.
- BROWNING, B.L. Methods of chemistry. New York, Interscience Publishers, 1967. 882 p.
- GOLFARI, L. Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento. Belo Horizonte. PRODEPEF, 1975. 65 p. (Série Técnica, 3).

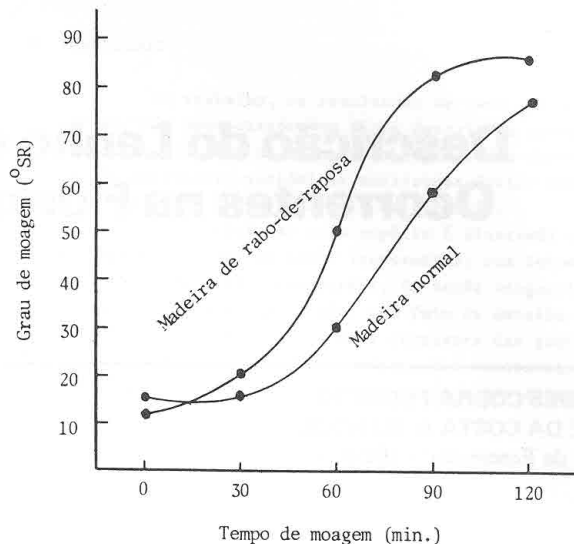


FIGURA 10 - Relação entre grau de moagem e tempo de moagem, para as madeiras normal e de rabo-de-raposa.

- GOLFARI, L. Coníferas aptas para repoblações forestales en el estado de São Paulo. Silvicultura em São Paulo, 6:7-62. 1967.
- KOZLOWSKI, T.T. & GREATHOSE, T.E. Shoot growth and form pines in the tropics. Unasyiva, 24(4):1-10. 1970
- LANGE, P.W. The occurrence and development of abnormal long leaders in Pinus radiata D. Don. in the Cape Midlands. Forestry in South Africa 7:1-10. 1966.
- TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, Atlanta. TAPPI Standard Methods. (s.d.).
- WOODS, F.W., VINCENT, L.W., MOSCHLER, W.W., & CORE, H.A. Height, diameter, and specific gravity of "foxtail" trees of Pinus caribaea Mor. Forestry Products Journal, 29(5):43-44, 1979.