

Fracionamento de pasta kraft de eucalipto: caracterização físico-química e desempenho papelero

M.G. Carvalho*
A.A. Martins**
M.M. Figueiredo***

A influência das características das fibras no seu desempenho papelero tem sido alvo inúmeras publicações, sendo geralmente aceito que, por exemplo, o rasgo, a tração, o arrebentamento, a massa específica e a opacidade, entre outras propriedades do papel, são altamente influenciados pelos parâmetros morfológicos e/ou a composição química das fibras (3). Relativamente ao eucalipto tuguês, estas relações têm sido pouco estudadas, sendo da maior importância e oportunidade o aprofundamento deste tema.

Como ponto de partida, foi realizado um trabalho preliminar (9) em que se caracterizaram, morfológica e quimicamente, as fibras (em comprimento, largura e *coarseness*) das várias frações Bauer-McNett constituintes de uma pasta branca de eucalipto português não refinada. Este estudo foi, então, voltado para a caracterização química das frações e a realização dos testes papeleros em folhas laboratoriais, com vista ao estabelecimento de eventuais relações entre as propriedades das fibras e as características das frações. Embora este seja o tema principal deste trabalho, pretendeu-se, também, estudar o papel das frações "finas", ensaiando, para tal, pastas em que se procedeu à sua re-

moção. É, todavia, de se realçar que a noção rigorosa de "finos" não é consensual (< 100 mesh ?, < 200 mesh ?, < 100 mm ?) sendo, no entanto, unânime o reconhecimento da sua importância nas propriedades do produto final (1-4).

Procedimento experimental

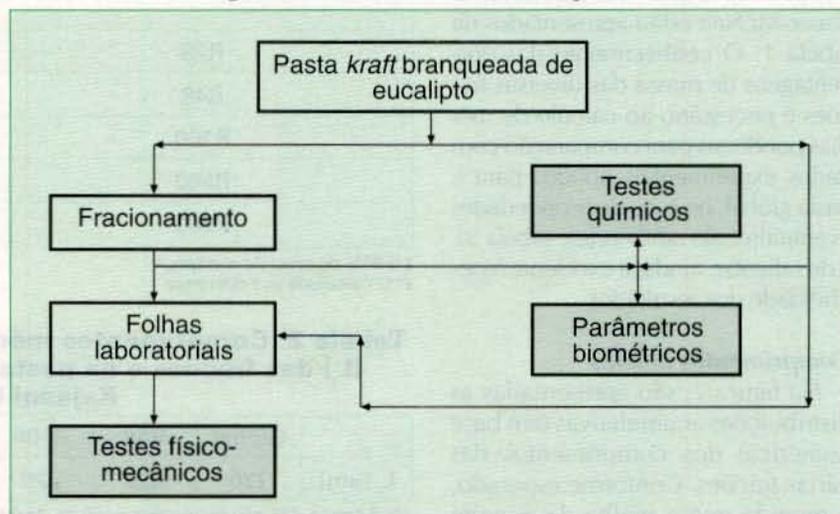
De forma a atingir os objetivos atrás enunciados, foi feito um planeamento de testes, segundo o esquema ilustrado na figura 1. Conforme se pode constatar, tanto a pasta global - kraft branqueada de eucalipto português - como as suas frações foram caracterizadas sob o ponto de vista químico e morfológico e, após a formação de folhas, sujeitas aos clássicos testes papeleros.

O processo de fracionamento foi conduzido num classificador Bauer-McNett (norma T233 cm-82), uti-

lizando as peneiras de 28, 48, 100 e 200 mesh (0,595; 0,297; 0,149 e 0,074 mm), sendo as frações retidas em cada peneira designadas respectivamente por R28, R48, R100 e R200. Adicionalmente, foram realizados testes com pastas denominadas "segregadas" (S), por não possuírem algumas das frações constituintes da pasta global. Assim, foi ensaiada uma pasta S1, que é idêntica à pasta global sem a fração que passa os 200 mesh (P200), e ainda uma pasta S2 em que se retirou à pasta global quer a fração P200 quer a R200. Os estudos realizados com estas pastas tiveram por objetivo, conforme foi referido, averiguar a influência das frações removidas.

Apesar de terem sido medidos vários parâmetros morfológicos das fibras (9), neste estudo apenas se irá utilizar o comprimento médio das

Figura 1: Seqüência dos ensaios realizados com a pasta global e com as suas frações



* M.G. Carvalho, engenheira do Departamento de Engenharia Química da Universidade de Coimbra.
** A.A. Martins, engenheiro da Soporcel.
*** M.M. Figueiredo, Ph.D., departamento de Engenharia Química da Universidade de Coimbra.

fibras de cada fração assim como das pastas segregadas e da pasta global. As medições foram efetuadas com o Kajaani FS-200 seguindo a Norma T271pm-91.

Quer a pasta global, quer as frações recolhidas nas diversas peneiras, após secagem ao ar, foram analisadas quimicamente através da determinação dos extratáveis em DCM (Norma ISO 624-74), cinzas (Norma ISO 1762-74), pentosanas (Norma T223 cm-84) e viscosidade CED (Norma ISO 5351/1-81). Estes ensaios não foram realizados para as pastas segregadas.

Quanto às folhas de ensaio, estas foram obtidas num formador de folhas laboratorial, segundo a Norma ISO 5269/1-79 e sujeitas aos seguintes testes físico-mecânicos (Normas ISO 5270-79 e 2471): massa específica aparente, tração, alongamento, arrebentamento, rasgo, resistência ao ar (Gurley) e opacidade.

De salientar que, além de todos os testes cujos resultados se apresentam terem sido repetidos várias vezes (consoante as exigências das normas adotadas), todo o procedimento (figura 1) foi feito em duplicado.

Para melhor interpretar alguns dos resultados obtidos, as folhas laboratoriais foram ainda observadas por microscopia eletrônica de varredura (SEM) num microscópio Jeol T330 tendo, para efeito, sido previamente revestidas a ouro por evaporação catódica.

Resultados e discussão

Fracionamento

Os resultados referentes à classificação da pasta no fracionador Bauer-McNett estão apresentados na tabela 1. O conhecimento das percentagens de massa das diversas frações é necessário ao cálculo de médias ponderais para comparação com dados experimentais obtidos para a pasta global, no caso de propriedades eventualmente aditivas (ex: tabela 3). É de salientar, ainda, a excelente repetibilidade dos resultados.

Comprimentos médios

Na figura 2, são apresentadas as distribuições acumulativas (em base numérica) dos comprimentos das várias frações. Conforme esperado, à medida que a malha da peneira

diminui as curvas deslocam-se para a esquerda. Por outro lado, as distribuições correspondentes às várias frações são bastante apertadas quando comparadas com a da pasta global, o que atesta a eficiência do método de classificação utilizado. As curvas da figura 2 encontram-se quantificadas em termos de um comprimento médio pesado em comprimento (L_p) na tabela 2. A escolha deste parâmetro está relacionada com o fato de, por um lado, um comprimento ponderal ser mais adequado para o estabelecimento de correlações com as propriedades do papel⁽⁵⁾ e, por outro, L_p não envolver no seu cálculo qualquer hipótese simplificativa⁽⁶⁾.

Curioso é, no entanto, referir que a fração P200 contém fibras até 500

mm de comprimento (sendo o v. da mediana em número - correspondente a 50% no eixo das ordenadas do gráfico da figura 2 - de aproximadamente 100 mm) e que na R. esse limite foi de 1000 mm. Isto mostra que os "finos" contêm fibras bem mais longas do que é habitual assumir. Na verdade, a análise da figura obtida por SEM, comprova que a fração R200 contém fibras exatamente alongadas. Além desta comparação entre a fração R48 e R200 mostra que esta última, ao contrário da primeira, apresenta filamentos completamente colapsados e dobra (provavelmente em consequência da maior flexibilidade), o que pode justificar o fato destas fibras passar através de malhas tão apertadas como a da peneira de 100 mesh.

Figura 2: Distribuições cumulativas dos comprimentos das frações e da pasta global, obtidas no Kajaani FS-200

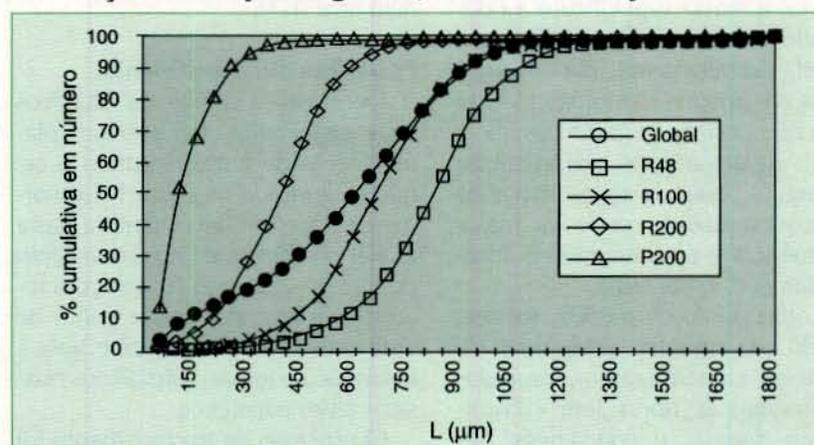


Tabela 1: Porcentagem ponderal das diferentes frações resultantes dos testes de fracionamento no Bauer-McNett

Frações	Massa (% ponderal)(*)
R28	0,33 ± 0,07
R48	45,05 ± 1,39
R100	39,78 ± 1,30
R200	7,10 ± 0,18
P200	7,74 ± 0,19 (**)

(*) 95% de nível de confiança
(**) Calculada por diferença

Tabela 2: Comprimentos médios pesados em comprimento (L_p) das frações e da pasta global, determinados pelo Kajaani FS-200 (*)

	Global	R48	R100	R200	P200	S1	S2
L_p (µm)	730	890	720	450	200	750	800

(*) A fração R28 não foi medida por falta de quantidade suficiente para análise

Figura 3: Fotografias obtidas por SEM, respectivamente para as frações R48 e R200

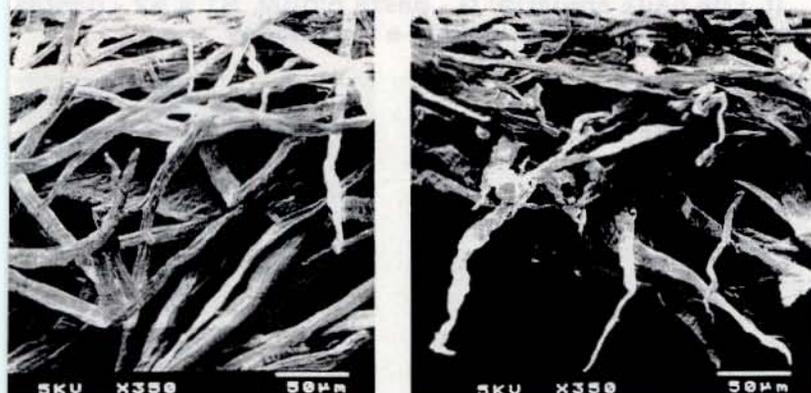


Tabela 3: Composição química das diferentes frações e da pasta global

Frações	Cinzas (%)	Extractáveis DCM (%)	Pentosananas (%)	Viscosidade CED (ml/g)
8	0,46	0,07	17,7	1.154
00	0,50	0,07	19,1	1.150
00	0,59	0,16	21,4	1.064
obal	0,55	0,11	19,1	1.123
obal calculada (*)	(0,50)	(0,09)	(19,0)	(1.133)

Este resultado é a média ponderal dos valores obtidos para as várias frações usando os dados da tabela 1, desprezando a fração R28 e extrapolando os valores da fração P200

Composição química

A análise química das diferentes frações, apresentada na tabela 3, revela que, à exceção da viscosidade, os valores dos outros parâmetros aumentam medida que o comprimento médio da fração diminui (em alguns casos notavelmente).

No que diz respeito às pentosananas, estudos publicados na literatura (1) referem que, nas frações de "finos", embora de outras folhosas, se verifica um aumento de xilose e uma diminuição de glucose, o que, no presente trabalho, pode explicar a maior percentagem de pentosananas e a diminuição de viscosidade observadas para a fração R200.

Quanto ao aumento de cinzas e extractáveis, e apesar dos baixos valores reportados, regista-se que as frações mais finas acumulam maior quantidade de material inorgânico orgânico.

A tabela 3 inclui, ainda, resultados obtidos por cálculo ponderal das diversas frações, baseados nos valores da tabela 1. Não obstante as aproximações feitas nestes cálculos, os resultados são bastante próximos dos da pasta global, indiciando a aditividade destas propriedades.

Propriedades físico-mecânicas

Dentre os vários testes realizados nas folhas laboratoriais, apenas se apresentam na figura 4 os referentes ao arrebentamento, rasgo, tração, resistência ao ar Gurley, massa específica aparente e opacidade, em função do comprimento médio pesado em comprimento (L) da amostra ensaiada. O perfil obtido para o alongamento é idêntico ao do índice de arrebentamento.

Como se pode ver, a diminuição do comprimento médio das fibras resulta num aumento de todos os parâmetros medidos, à exceção do rasgo, sendo esta variação, em geral, quase linear. Tendência inversa foi, todavia, detectada para o índice de rasgo, observando-se uma nítida superioridade deste parâmetro para a fração R48. Por outro lado, é de salientar que o comportamento da pasta global apenas se enquadra no perfil traçado a partir dos resultados das diversas frações (linha a cheio) para o caso da densidade e opacidade. No caso do índice de tração e de arrebentamento, os resultados obtidos para a pasta global aproximam-se dos da fração R200. No entanto, a resistência ao ar Gurley

desta fração (R200) é, claramente, superior à da pasta global. Pelo contrário, a resistência ao rasgamento desta última é, nitidamente, superior a qualquer dos valores individuais das frações, evidenciando um efeito sinérgico do conjunto.

No que diz respeito às pastas segregadas S1 e S2, verifica-se que estas seguem, em geral, uma linha de comportamento semelhante ao observado para as frações. Contudo, a remoção dos finos (P200 ou P200 + R200) da pasta global tem, relativamente a esta, um impacto notável no que concerne ao rasgo, arrebentamento, tração e resistência ao ar Gurley, diminuindo, acentuadamente, o nível destes parâmetros. Idênticas variações foram também referidas por outros autores para pastas segregadas de bétula não refinada(2). Estes resultados confirmam a relevante contribuição dos "finos" (apesar de presentes em pequena quantidade) no comportamento final observado nas folhas de ensaio e indiciam, provavelmente, um papel importante associado aos diferentes estados de flexibilidade e colapsabilidade das fibras nessas frações (conforme sugerem as fotografias de SEM).

Conclusões

A classificação da pasta originou frações com distribuições de comprimentos relativamente apertadas e de distintas dimensões. A análise química destas frações revelou que quanto menor é o seu comprimento médio maior o teor em pentosananas, cinzas e extractáveis e menor o valor da viscosidade. A fração R200 mostrou, em geral, ter uma variação mais acentuada destes valores. No entanto, a confirmação desta tendência exigiria uma análise da fração P200. A utilização do fracionador Bauer-McNett não permitiu, todavia, o recolhimento desta fração em quantidade suficiente para análise. Por outro lado, a visualização das folhas da fração R200 no microscópio eletrónico mostrou a presença significativa de fibras "longas" dobradas e colapsadas e não apenas, necessariamente, de fibras curtas ou pequenas partículas. Resta, no entanto, averiguar se estas fibras já se encontravam colapsadas, ou não, antes das operações da formação da folha

(trabalho que está atualmente a ser desenvolvido⁽¹¹⁾).

No que concerne aos testes papeiros, pode-se concluir que os resultados destes ensaios podem-se relacionar, consistentemente, com o comprimento médio L_f . Todavia, isto não significa que a escolha de outros parâmetros morfológicos não possa originar relações igualmente válidas. Uma vez que o comprimento, a espessura e o *coarseness* são variáveis interdependentes, qualquer um destes parâmetros pode, de fato, ser igualmente responsável pelo comportamento papeiro das fibras. Também nos testes físico-mecânicos se tornou evidente a importância dos "finos", verificando-se que as pastas segregadas apresentam, em geral, discrepâncias significativas em relação aos correspondentes valores da pasta global. Tendo em consideração as baixas porcentagens de "finos" retiradas (tabela 1), os resultados confirmam a sua forte influência nas propriedades observadas sobre as folhas de ensaio.

Em resumo, o presente trabalho, embora pretendendo mostrar genericamente a influência das várias frações de uma pasta no seu desempenho papeiro, tornou óbvia a importância de estudos mais aprofundados sobre o papel desempenhado pelas frações de "finos".

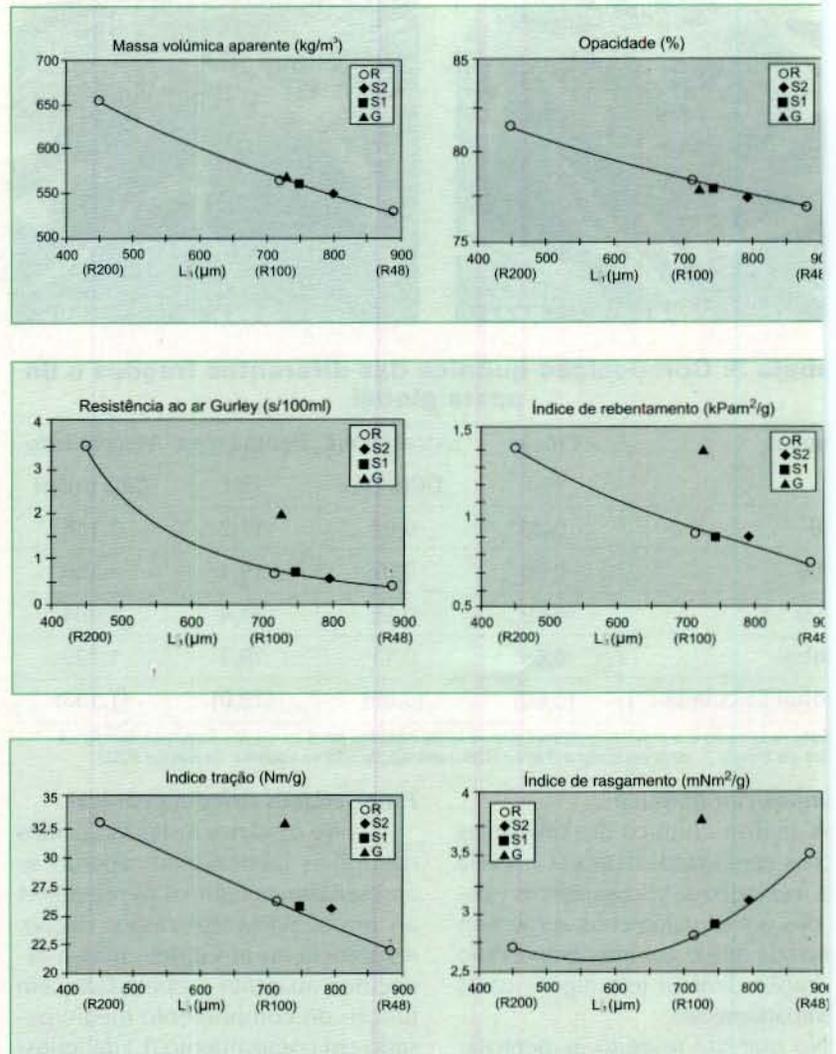
Agradecimentos

Os autores agradecem ao Serviço de Laboratório da Soporcel pela disponibilização dos equipamentos necessários à realização dos testes papeiros e ao prof. doutor Albano Cavaleiro, do departamento de engenharia mecânica da Universidade de Coimbra, pelos ensaios de microscopia eletrônica.

Referências bibliográficas

- 1 - M. Htun e A. Ruvo, 1978, "The implication of the fines fraction for the properties of bleached kraft sheet", *Svensk papperstidning*, 16, 507-510.
- 2 - H.W. Giertz, 1980, *Understanding the role of fines*, Int. Symp. on Fund. Concepts of Refining, Institute of Paper Chemistry, Appleton, 324-330.
- 3 - L. Paavilainen, 1990, *Importance of particle size - fibre length and*

Figura 4: Diferentes propriedades das folhas de papel em função do comprimento médio pesado em comprimento (L_f) de cada amostra: G - pasta global, S1 e S2 - pastas segregadas e R - frações



fines - for the characterization of softwood kraft pulp, *Paperi ja Puu-Paper and Timber*, 72, 516-526.

- 4 - A. Karnis, 1995, *The role of latent and delatent mechanical pulp fines in sheet structure and pulp properties*, *Paperi ja Puu-Paper and Timber*, 77, 491-497.
- 5 - J.d'A. Clark, 1985, *Pulp Technology and treatment for paper*, 2nded., Miller Freeman Publications Inc.
- 6 - R.K. Bamber, 1985, *The wood anatomy of eucalypts and paper-making*, *Appita*, 38, 210-216.
- 7 - T.E. Amidon, 1981, *Effect of the wood properties of hardwoods on kraft paper properties*, *Tappi*, 64, 123-126.
- 8 - B. Leopold e D.C. McIntosh, 1961, *Chemical composition and*

physical properties of wood fibre *Tappi*, 44, 235-240.

- 9 - M.G. Carvalho, P.J. Ferreira, A. Martins e M.M. Figueiredo, 1996, *Comparative study of Fiber Length Measuring Techniques*, *Tappi submetido*.
- 10 - A. Suurnakki, A. Heijnesson, Buchert, L. Viikari e U. Westermark, 1996, *Chemical characterization the surface layers of unbleached pine and birch kraft pulp fibre* *Journal of Pulp and Paper Science* 22, J43-J47.
- 11 - P.J. Ferreira, M.G. Carvalho, A.A. Martins e M.M. Figueiredo, 1996, *Caracterização dimension de fibras de eucalipto*, submetido ao XV Encontro Nacional de Tecnicelipa ▲