INFLUÊNCIA DO TEOR DE FINOS NAS PROPRIEDADES PAPELEIRAS DE PASTA *KRAFT* DE *EUCALYPTUS GLOBULUS*

Isabel Luís[1], Margarida Figueiredo[2], Alexandre Martins[3], Graça Carvalho[4]

RESUMO

O presente trabalho visa o estudo da influência dos finos nas propriedades papeleiras de uma pasta k*raft* de *Eucalyptus globulus*. Para tal, utilizou-se uma pasta branca comercial fraccionada no classificador Bauer-McNett de diferentes formas de modo a variar a quantidade de finos retidos na pasta. Nas pastas obtidas determinou-se o comprimento médio das fibras e o teor de finos e avaliou-se o desempenho papeleiro antes e após refinação (2000 revoluções PFI). A análise dos resultados obtidos quando se variou o teor da fracção de finos que passa a teia de 200 mesh (P200) ou o teor da que é retida nessa teia (R200) revelou que não só a quantidade mas também o tamanho dos finos condicionam as propriedades papeleiras.

PALAVRAS-CHAVE: *Eucalyptus globulus*, finos, fraccionamento, comprimento de fibras, propriedades papeleiras.

INTRODUÇÃO

O eucalipto português, a partir do qual se produz uma pasta branqueada de excelente qualidade, tem sido alvo de um crescente interesse pelas suas características e pela forma como elas se reflectem na sua aptidão papeleira.

No que diz respeito à influência dos finos, e não obstante se reconhecer que estes assumem uma especial importância na estrutura e nas propriedades físico-mecânicas da pasta e do papel (Ferreira *et al.*, 2000; Carvalho *et al.*, 1997; Karnis, 1995; Paavilainen, 1990; Giertz, 1980), não há consenso em relação à sua definição (segundo alguns autores, é material fibroso que passa através do peneiro de 200 (ou 100) *mesh*, segundo outros, têm dimensões inferiores a 100 μm) (Liu, *et al.*, 2001; Paavilainen, 1990). Os finos não se limitam a promover as ligações entre fibras, influenciando os índices de tracção, rebentamento e rasgamento, mas também, devido ao facto de preencherem os interstícios, têm um efeito directo na densidade aparente, na opacidade e na permeabilidade ao ar. Além disso, devido à sua elevada área

---

[1] - Engenheira Química, Estagiária da Direcção de Produção de Papel, Soporcel, fax: 233940007, e-mail: iluis@soporcel.pt
[2] - Professora Catedrática, Departamento de Engenharia Química, Universidade de Coimbra, fax: 239798703, e-mail: mmf@eq.uc.pt
[3] - Engenheiro Químico, Master Eng., Consultor, e-mail:alexmartins@netc.pt
[4] - Professora Auxiliar, Departamento de Engenharia Química, Universidade de Coimbra, fax: 239798703, e-mail: mgc@eq.uc.pt

específica, os finos têm maior capacidade de absorção de água, comparativamente à das fibras (Moss e Retulainen, 1997; Paavilainen, 1990; Phillip e D'Almeida, 1988).

O presente trabalho tem por objectivo o estudo da influência dos finos nas propriedades de uma pasta kraft de *E. globulus*, a qual foi sujeita a fraccionamento no classificador Bauer-McNett durante diferentes intervalos de tempo. As pastas assim obtidas foram caracterizadas do ponto de vista biométrico, medido o seu teor de finos, tendo sido feitas folhas laboratoriais antes e após refinação, nas quais se avaliaram as principais propriedades papeleiras. Por forma a tornar este estudo tão exaustivo quanto possível, foram ainda estudadas pastas com diferentes teores de finos de maiores dimensões (*coarse fines* - Liu, *et al.*, 2001), as quais foram igualmente testadas em termos de propriedades físico-mecânicas.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A pasta sobre a qual incidiu o presente estudo é, conforme referido, uma pasta branca comercial, sob a forma de folhas, contendo fibras maioritariamente de *Eucalyptus globulus*. Após desintegração (ISO 5263), a suspensão de pasta foi diluída e sujeita a fraccionamento no classificador Bauer-McNett, segundo a norma T233 cm-82, na qual se recomenda um tempo de operação de 20 minutos. Este equipamento é formado por 4 tanques dispostos em cascata, sendo a suspensão de pasta introduzida no primeiro e passando para os outros, através de peneiros, por acção da gravidade. Para este tipo de fibra utilizaram-se os peneiros de 28, 48, 100 e 200 *mesh*, com os quais se obtêm respectivamente as fracções R28, R48, R100 e R200 (*R* significa *retidas*), que são posteriormente recolhidas. A fracção que passa no peneiro de 200 *mesh*, denominada P200, não pode ser recuperada (é enviada directamente para o esgoto), sendo o sua massa calculada por diferença. A fim de estudar o efeito das partículas mais pequenas, isto é, que passam no peneiro de 200 *mesh* (fracção P200), e na impossibilidade de as recolher, foram efectuadas separações durante 5 e 10 minutos, no pressuposto de que um menor tempo de separação implica, em princípio, uma maior quantidade da fracção P200 retida na pasta. No final do fraccionamento, as diferentes fracções de pasta foram misturadas (uma vez que não se pretendia propriamente "fraccionar" a pasta mas tão somente separar os finos), sendo a pasta resultante (R28+R48+R100+R200) sujeita a desintegração (a 400 rpm) e dividida em dois lotes: um que sofreu refinação, a 2000 revoluções num refinador laboratorial PFI (ISO 5264/2), e outro que foi usado como base de comparação. Em ambos os casos, foi determinado o grau Schöpper-Riegler (°SR, ISO 5267/1), tendo sido feitas folhas laboratoriais (ISO 5269/1-79). Estas foram, após secagem, condicionadas e sujeitas a testes físico-mecânicos, designadamente ensaios de resistências à tracção (ISO 1924/2), ao rebentamento (ISO 2758) e ao rasgamento (ISO 1924/6), ópticos (C.E.D.L., ISO 2469) e de resistência ao ar Gurley (ISO 5636/5).

A fim de determinar o comprimento médio das fibras, as várias pastas foram analisadas no FQA (*Fiber Quality Analyser*). Este equipamento mede fibras com comprimentos até 10 mm, tendo-se considerado finos as fibras com comprimentos inferiores a 0.15 mm, cuja percentagem numérica foi igualmente medida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Influência do tempo de separação nas percentagens das fracções de pasta

A figura 1 apresenta a variação, com o tempo de separação no Bauer-McNett, das percentagens mássicas das diversas fracções. Como se constata desta figura, estas percentagens variam consideravelmente com o tempo de separação, notando-se que a fracção R28 diminui drasticamente nos primeiros 10 minutos (as fibras inicialmente no peneiro de 28 *mesh* passam a ser retidas essencialmente nos peneiros de 48 e 100 *mesh*). As percentagens das partículas mais pequenas (quer a retida quer a que passa no peneiro de 200 *mesh*, respectivamente R200 e P200) vão aumentando gradualmente com o tempo de operação, embora sejam sempre bastante inferiores às quantidades das fracções R48 e R100.

Na tentativa de averiguar se estes valores tendiam a estabilizar, decidiu prolongar-se o tempo de operação para além do recomendado na norma, isto é, para além dos 20 min. Notou-se então uma redistribuição das fibras nos peneiros intermédios e apenas um pequeno acréscimo nas quantidades de finos.

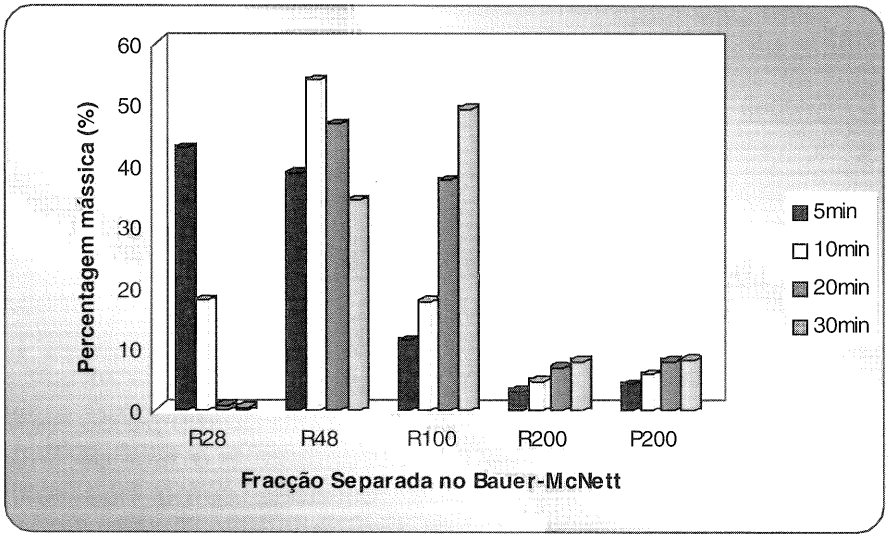

Figura 1. Comparação entre as várias percentagens das fracções obtidas com diferentes tempos de separação no Bauer-McNett.

A distribuição das fibras pelas várias fracções, ao fim de 20 minutos, e o respectivo comprimento médio estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Percentagens mássicas e comprimento médio pesado em comprimento (L_L) das fracções de pasta obtidas após 20 minutos de fraccionamento no Bauer-McNett.

Fracção	R28	R48	R100	R200	P200
Percentagem mássica (%)	0.77	46.6	37.5	6.9	8.2
L_L (mm)	---	0.89	0.72	0.45	0.20

Influência do tempo de separação no comprimento médio das fibras e no teor de finos

Nas pastas com diferentes teores de finos resultantes do fraccionamento determinou-se a distribuição de comprimentos das fibras utilizando o FQA. Na Tabela 2 encontram-se os valores médios dos tamanhos das fibras que compõem as pastas analisadas, bem como a percentagem de finos determinada no mesmo analisador, para os vários tempos de separação.

Tabela 2 – Valores médios dos comprimentos das fibras (pesados em comprimento), L_L, das pastas não refinadas e refinadas e respectiva percentagem numérica de finos (<0.15mm)*.

Tempo de separação no Bauer-McNett (min)	L_L (mm)		Percentagem finos (%)	
	Não refinadas	Refinadas	Não refinadas	Refinadas
0 (Global)	0.707	0.710	10.4	11.7
5	0.713	0.712	5.1	7.2
10	0.718	0.717	3.0	5.5
20	0.724	0.725	2.4	3.8

(*) os desvios padrão são inferiores a 0.003 mm e 0.2%, respectivamente.

De um modo geral, verifica-se que, com o aumento do tempo de separação, o comprimento médio das fibras aumenta ligeiramente e o teor de finos diminui significativamente tanto nas pastas não refinadas como nas refinadas. A pequena variação em L_l deve-se, por um lado, ao facto deste ser um comprimento médio pesado em comprimento e portanto a fracção de finos ser pouco relevante para o cálculo desta média, e, por outro, ao facto do limite mínimo do FQA, para efeitos de medição de comprimentos, ter sido de 0.15 mm. O aumento do teor de finos com a diminuição do tempo de separação

confirma a opção tomada de fazer variar este tempo para obter, de modo expedito, pastas com diferentes percentagens de finos. No entanto, é de salientar que, mesmo ao fim de 20 minutos de separação no Bauer, a pasta retém ainda alguma quantidade de finos (<0.15mm).

O efeito da refinação manifesta-se, nesta tabela, essencialmente no aumento do teor de finos.

Influência do tempo de separação nas propriedades físico-mecânicas

Uma vez obtidas pastas com diferentes teores de finos (fracção P200), procedeu-se ao estudo da relevância destes no desempenho papeleiro. Para tal representou-se, na Figura 2, a variação do grau Shöpper-Riegler, do índice de mão, dos índices de tracção e rasgamento, bem como da resistência ao ar Gurley e do coeficiente específico de dispersão de luz (C.E.D.L.) com o tempo de separação no Bauer, tanto para as pastas refinadas como para as não refinadas.

No que respeita à drenabilidade da pasta, o aumento do tempo de separação implica um acréscimo da drenabilidade, ou seja, um decréscimo de °SR, o qual é devido à diminuição do teor de finos. Esta ocorre predominantemente nos primeiros minutos de separação e daí que, a partir de aproximadamente 10 minutos, a curva tenda para um patamar. Idêntico comportamento se observa para as pastas refinadas, sendo que estas correspondem a valores de °SR mais elevados, devido fundamentalmente à formação de finos secundários durante a operação de refinação (Ferreira *et al.*, 2000).

A evolução do índice de mão está em concordância com o facto, já referido, dos finos funcionarem como "enchimento", logo originarem folhas com maiores volumes específicos à medida que vão sendo retirados da pasta. A acção da refinação traduz-se, como é bem conhecido, numa maior conformabilidade das fibras, dando origem a folhas mais densas (menores índices de mão), mas a forma da curva é semelhante à das pastas não refinadas.

Quanto às resistências mecânicas, tracção, rebentamento (dados não mostrados por serem idênticos aos da tracção) e rasgamento, verifica-se, para todas elas, um comportamento semelhante: uma diminuição acentuada correspondente aos primeiros 5 minutos de separação (período em que são retirados praticamente metade dos finos (P200) existentes na pasta – ver Figura 1), mantendo-se depois quase invariável. Como é reconhecido (Karnis, 1995; Moss e Retulainen, 1997), o número e a força das ligações entre fibras são favorecidos com o aumento do teor de finos e, consequentemente, a sua diminuição implica o enfraquecimento das resistências mecânicas. As pastas com refinação exibem, como era expectável, valores bastante superiores de resistência mecânica devido fundamentalmente à fibrilação, mas a tendência de variação com o teor de finos é paralela.

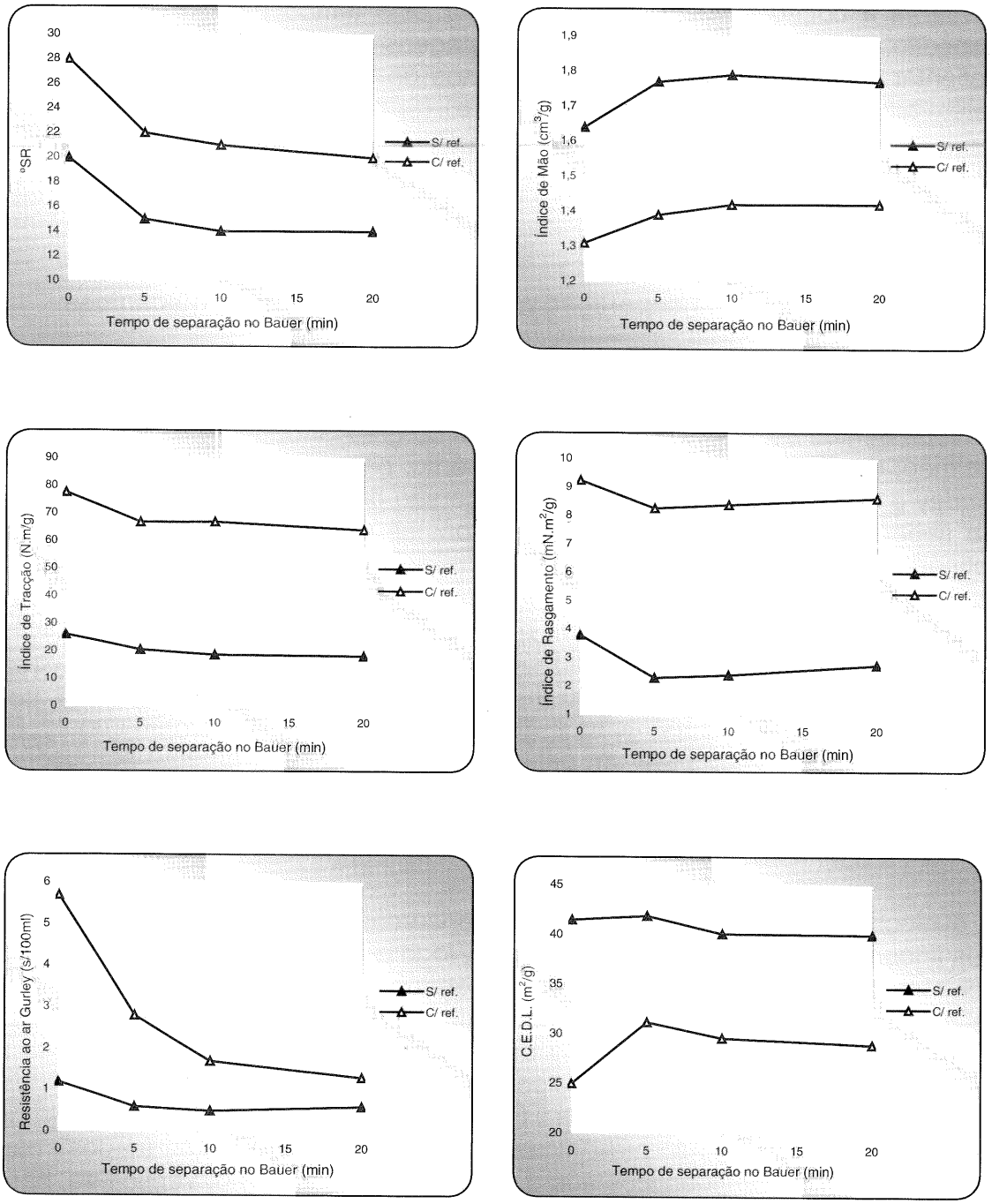

Figura 2. Evolução das propriedades físico-mecânicas das pastas com e sem refinação com o tempo de separação no Bauer-McNett.

A resistência à passagem do ar (Gurley) diminui obviamente com o decréscimo do teor de finos por estes preencherem os espaços interfibrilares, tomando valores muito mais elevados nas pastas refinadas uma vez que estas dão origem a folhas muito mais consolidadas. Além disso, verifica-se, nestas pastas, um comportamento exponencial com a variação do teor de finos, em oposição à pouca variabilidade detectada para as não refinadas, o que indicia que quanto maior for este teor (menor tempo de separação) maiores são os ganhos na refinação.

No que concerne à dispersão da luz, esta característica não é significativamente afectada pelo teor de finos no caso das pastas não refinadas, ao contrário do que sucede nas pastas termomecânicas (Moss e Retulainen, 1997). Ao invés, nas pastas refinadas verifica-se uma diferença acentuada no valor do C.E.D.L. entre a pasta com finos (0 minutos no Bauer) e a pasta após 5 minutos de separação. Os efeitos da fibrilação no aumento da área de ligação entre as fibras justificam a diferença de valores entre as pastas não refinadas e refinadas, a qual é potenciada, nestas últimas, pelo incremento do teor de finos.

Efeito da fracção R200 nas propriedades físico-mecânicas das pastas

Uma vez que alguns autores consideram finos todo o material que passa no peneiro de 100 *mesh*, isto é, o correspondente às fracções R200 e P200, julgou-se interessante estudar também o efeito destas fracções. Contudo, e para esta gama de tamanhos, o funcionamento do Bauer só permite a recolha da fracção que é retida no peneiro de 200 *mesh* (R200) pois a que passa neste peneiro (P200) vai directamente para o esgoto. Assim, uma vez completado o estudo da fracção P200, foi decidido variar a quantidade da fracção R200 (cujo comprimento médio é 0.45mm – ver Tabela 1) e avaliar o efeito desta variação no desempenho papeleiro. Para tal foram "compostas" pastas com teores da fracção R200 que variaram entre 0 e cerca de 8%, tomando como base uma pasta fraccionada no Bauer durante 20 minutos (isto é, sem P200). Significa isto que se misturaram as fracções R28, R48 e R100 retidas no classificador após 20 minutos e se adicionou, em quantidades variáveis, a fracção R200.

Na figura 3 encontra-se ilustrado o comportamento das pastas compostas, conforme descrito, em função do respectivo teor da fracção R200. De salientar ainda que nos gráficos desta figura está também representada a pasta global, ou seja, sem qualquer fraccionamento, refinada e não refinada.

A análise destes gráficos e a sua comparação com os correspondentes da figura 2 permite concluir o seguinte:

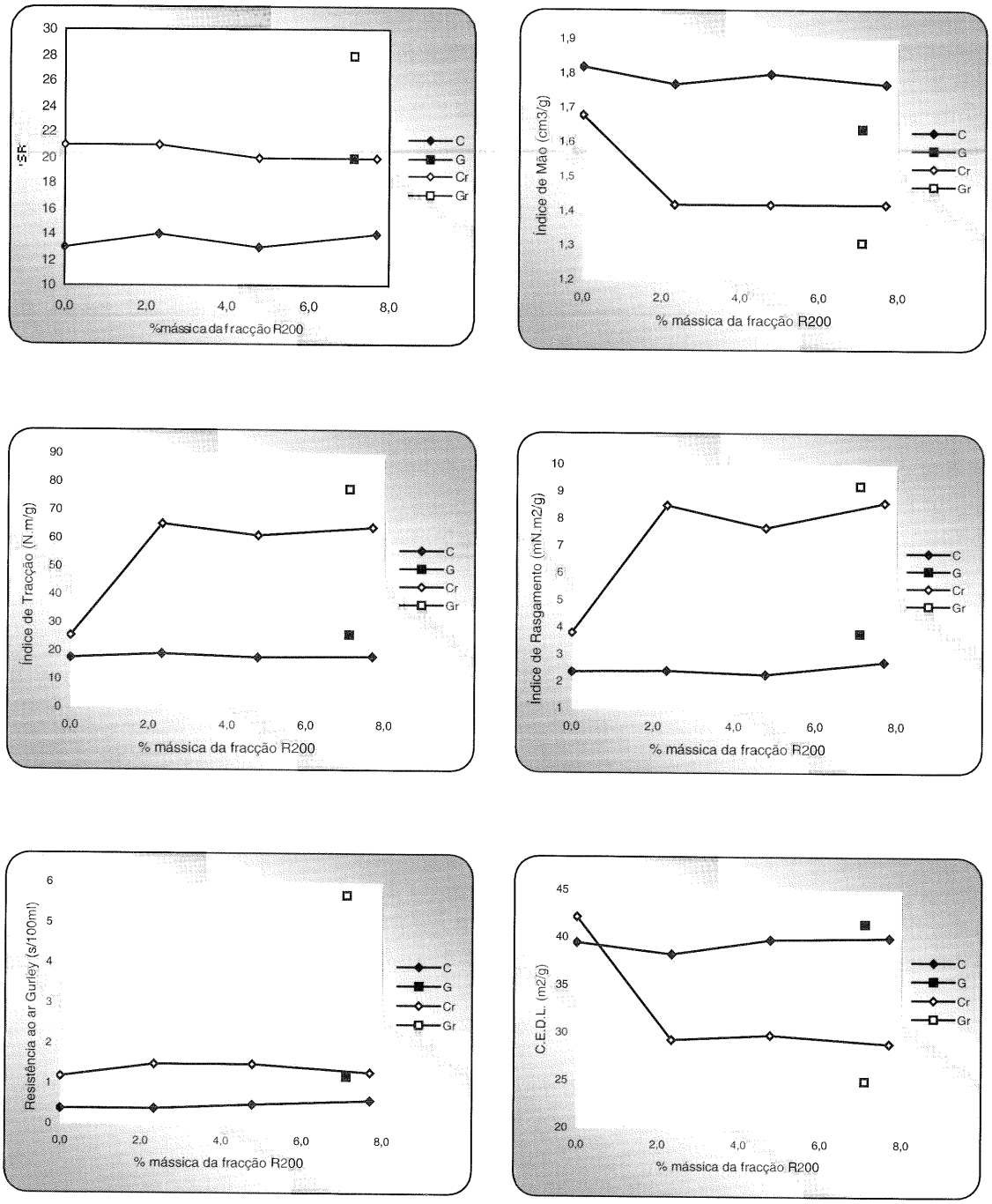

Figura 3. Evolução das propriedades físico-mecânicas com o teor da fracção R200: C - pasta composta, G - pasta global (sem fraccionamento), r - significa pasta refinada.

- a influência da fracção R200 quer na drenabilidade quer nas propriedades papeleiras das pastas não refinadas é muito menos nítida que a detectada para a fracção P200;

- nas pastas refinadas é significativa a diferença de comportamento, no que diz respeito ao volume específico, às resistências mecânicas e à dispersão da luz, entre as pastas nas quais se retirou completamente a fracção R200 (0%) e as que incluem esta fracção; de facto a presença dos finos "maiores", mesmo em pequenas quantidades, é fundamental para desenvolver estas propriedades com a refinação. São excepção a este comportamento a drenabilidade e a resistência ao ar Gurley que são praticamente independentes do teor da fracção R200 - de salientar que a pouca influência da fracção R200 na resistência ao ar Gurley das pastas refinadas contrasta com o que sucede com a fracção P200 (Figura 2), cuja variação tem um efeito assinalável nestas pastas;

- a pasta global, isto é, não sujeita a fraccionamento (que corresponde à pasta com 0 minutos de separação no Bauer, apresentada na figura 2), apresenta, em relação às pastas compostas com idêntico teor de R200, valores superiores para as propriedades que são positivamente afectadas pela presença dos finos da fracção P200 (°SR e resistências mecânicas e ao ar Gurley) e inferiores para aquelas que são negativamente influenciadas pela sua presença (índice de mão e C.E.D.L.). Todavia, este afastamento varia consoante a propriedade estudada, em conformidade com o que se discutiu aquando da análise da Figura 2.

CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objectivo principal avaliar as consequências, a nível das propriedades físico-mecânicas, da variação do teor da fracção de finos. A utilização do Bauer McNett para esse efeito levou a que o estudo desta fracção fosse dividido em duas partes: uma que diz respeito aos finos "mais pequenos", que passam na teia de 200 mesh (P200), e a outra que contempla os que ficam retidos nessa teia (R200). Os ensaios realizados mostraram que a variação do tempo de fraccionamento origina efectivamente diferentes quantidades de finos nas pastas.

A progressiva eliminação dos finos da fracção P200 originou pastas que apresentam menores resistências mecânicas e ao ar Gurley, e maiores drenabilidades, densidades aparentes e dispersão da luz, tanto antes como após refinação. Além disso, observaram-se, em geral, comportamentos paralelos nas pastas refinadas e não refinadas, o que indicia que a refinabilidade das pastas é pouco afectada por esta fracção de finos (pelo menos nas quantidades testadas). As excepções foram a resistência ao ar Gurley e o C.E.D.L., para os quais a presença destes finos parece potenciar o efeito da refinação.

Em contrapartida, no que diz respeito aos finos maiores (R200), observou-se um comportamento distinto nas pastas "compostas" não refinadas e refinadas com a diminuição do teor de R200. De facto, enquanto que nas pastas não refinadas a influência da variação do teor desta fracção é praticamente irrelevante, a sua inclusão, mesmo em baixas percentagens, tem, em geral, um efeito significativo na refinabilidade da pasta.

Por último, a comparação entre a pasta global (sem qualquer fraccionamento) e as pastas compostas confirmou a importância não só da quantidade mas também da dimensão dos finos no desempenho papeleiro das pastas kraft de *E. globulus*.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao RAIZ as facilidades concedidas na utilização dos equipamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Carvalho, M.G., Martins, A.A. e Figueiredo, M.M., (1997) 'Fraccionamento da Pasta Kraft de Eucalipto: Caracterização Físico-química e Desempenho Papeleiro', *O Papel*, 58(7):83-86.
2. Ferreira, P.J., Henriques, R.A., Figueiredo, M.M. (2001) 'Finos secundários: influência nas propriedades de pastas kraft de *E. globulus'*, *XVIII Encontro Nacional da Tecnicelpa, Figueira da Foz.*
3. Ferreira, P.J., Martins, A.A., Figueiredo, M.M. (2000) 'Primary and secondary fines from Eucalyptus globulus kraft pulps. Characterization and influence', *Paperi ja Puu – Paper and Timber*, 82(6):403-408.
4. Giertz, H.W., (1980) 'Understanding the role of fines' *Int. Symp. on Fund. Concepts of Refining*, Institute of Paper Chemistry, Appleton, 324-330.
5. Karnis, A. (1995) 'The role of latent and delatent mechanical pulp fines in sheet structure and pulp properties', *Paperi ja Puu – Paper and Timber*, 77(8):491-497.
6. Liu, X.A., Whiting, P., Pande, H., Roy, D.N. (2001) 'The contribution of different fractions of fines to pulp drainage in mechanical pulps', *J. Pulp Paper Science*, 27(4):139-143.
7. Moss, P.A., Retulainen, E. (1997) 'The effect of fines on fiber bonding: cross-sectional dimensios of TMP fibers at potential bonding sites', *J. Pulp Paper Science*, 23(8):382-387.
8. Paavilainen, L. (1990) 'Importance of particle size – fibre length and fines – for the characterization of softwood kraft pulp', *Paperi já Puu – Paper and Timber*, 72(5):516-526.
9. Phillip, P., D'Almeida, M.L.O. (1988) '*Celulose e papel, Vol. II – Tecnologia de fabricação do papel*' 2ª ed., SENAI, São Paulo.