

EFEITO DA ADIÇÃO DE FIBRAS DE BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR NAS PROPRIEDADES DE FOLHAS FORMADAS EM LABORATÓRIO

Renato Rodrigues Fioritti¹, Mariza Eiko Tsukuda Koga¹, Maria Luiza Otero D'Almeida¹

¹ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Brasil

RESUMO

O bagaço de cana-de-açúcar é um importante subproduto gerado pela indústria sucroalcooleira. No Brasil, é quase totalmente empregado como combustível em caldeiras para geração de energia. Devido às suas características morfológicas favoráveis à produção de pasta celulósica, faz-se necessário o estudo do emprego das fibras de bagaço de cana também na indústria de celulose e papel. Este trabalho visou avaliar a influência das fibras de bagaço de cana provenientes de uma pasta celulósica branqueada, em misturas com fibras de uma pasta celulósica de eucalipto com as mesmas características, nas propriedades físicas de folhas formadas em laboratório. Foram feitas comparações entre folhas provenientes de pastas puras de eucalipto e de bagaço de cana, e de uma mistura composta por metade de fibras de eucalipto e metade de fibras de bagaço de cana. Notou-se melhora em algumas propriedades físicas do papel devido à sinergia entre as fibras de eucalipto e de bagaço de cana.

Palavras-chave: Pasta Celulósica. Eucalipto. Bagaço de Cana-de-açúcar. Mistura de Pastas. Folhas Formadas em Laboratório.

ABSTRACT

Sugarcane bagasse is a relevant by-product generated by the Brazilian sugar-alcohol industry. In Brazil, it is almost entirely used as an energy source through its burning in boilers. Due to its suitable morphological characteristics for pulping, the study of application of sugarcane bagasse fibres is also required in the pulp and paper industry. This study aimed to evaluate the effect of adding sugarcane bagasse primary fibres coming from a bleached pulp, into blends with fibres of an eucalyptus pulp with the same characteristics, on physical properties of laboratory sheets. Comparisons are made between unblended eucalyptus and bagasse pulps and a fifty-fifty eucalyptus-bagasse blend. It was noticed an improvement in resistance properties of laboratory sheets due to the synergy between eucalyptus and sugarcane bagasse fibres.

Keywords: Pulp. Eucalyptus. Sugarcane Bagasse. Pulp Blend. Laboratory Sheets.

1. INTRODUÇÃO

Embora a madeira seja a principal fonte de matéria-prima para produção de celulose, outras fontes de fibras vêm sendo estudadas e empregadas, de forma única ou em misturas. Algumas das razões para essa prática são: melhorar a qualidade de uma pasta celulósica inferior, como fibras de reforço (Eugenio *et al.*, 2012); aproveitar excedentes de matérias primas fibrosas e/ou baratear o custo do produto final (Foelkel; Barrichelo, 1975). No Brasil, a cana-de-açúcar pode ser uma opção de matéria-prima suplementar para a indústria de celulose e papel. Amplamente empregada na indústria sucroalcooleira, a geração de resíduos como a palha e o bagaço da cana-de-açúcar é significativa, mas 90 % do bagaço são destinados à queima para geração de energia e o restante é desperdiçado, o que eventualmente poderia ser aproveitado para a fabricação de celulose (Andrade; Colodette; Jameel, 2014).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de pasta celulósica (com 13,98 milhões de toneladas e 8,4 % de participação no mercado mundial em 2012) e o nono maior produtor de papel (com 10,26 milhões de toneladas e 2,6 % de participação no mercado mundial em 2012) (Bracelipa, 2014b). Além disso, aproximadamente 85 % da produção de celulose provêm de fontes de fibras curtas (basicamente madeira de folhosas) e 15 % de fontes de fibras longas (basicamente madeira de coníferas) (Bracelipa, 2014a). Segundo Carvalho (2012) a posição de destaque do Brasil no setor de celulose e papel tem propulsionado a busca por inovações e estudos com outras matérias primas e processos de produção.

O bagaço de cana-de-açúcar é a segunda maior fonte de fibra não madeira na indústria de celulose e papel (Vena *et al.*, 2013). Muitos países geram grandes quantidades de bagaço de cana-de-açúcar, tais como Brasil, Índia e Cuba (Khakifirooz *et al.*, 2013), mas poucos o empregam como fonte de fibras na indústria de celulose e papel. Na América do Sul, especificamente na Argentina e na Colômbia, há fábricas que produzem celulose e papel utilizando unicamente o bagaço de cana como matéria-prima, enquanto que, no Brasil, não há relatos de indústrias de celulose e papel baseadas em bagaço de cana, embora já tenham existido no passado.

A produção de pasta de bagaço esbarra em um inconveniente: 40 % do bagaço de cana cru são constituídos de pequenas células de parênquima, que devem ser removidas em sua maioria para garantir pastas de qualidade (Rainey, 2012), em uma etapa denominada *desmedulação*.

O bagaço de cana possui como principais vantagens: baixo custo; fácil obtenção no Brasil; elevado teor de carboidratos e baixo consumo de energia na refinação de sua pasta (Andrade *et al.*, 2014). Em seus estudos, Benitez *et al.* (2012) constataram que a energia de refinação necessária para elevar a resistência à drenagem de uma pasta de bagaço de cana virgem a um grau de refino em torno de 34 SR chega a ser até 90 % menor em relação a uma pasta celulósica de eucalipto virgem.

A fim de aproveitar o potencial das fibras de bagaço de cana-de-açúcar, este trabalho teve como objetivo analisar a influência dessas fibras na qualidade da folha formada em laboratório quando misturadas a fibras de eucalipto na proporção de 50 %. O trabalho destaca aspectos positivos e negativos dessa mistura.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas duas amostras de pastas celulósicas branqueadas virgens, de natureza e procedência distintas: uma, proveniente de madeira de eucalipto, obtida através do processo químico sulfato, de origem brasileira; a outra, proveniente de bagaço de cana-de-açúcar, obtida através do processo químico soda, de origem argentina.

As pastas celulósicas foram desagregadas de acordo com ISO 5263-1. Na **Tabela 1** consta a nomenclatura adotada e a composição de cada pasta celulósica em relação à proporção dos tipos de fibras em estudo.

Tabela 1. Nomenclatura adotada para as pastas celulósicas

Nomenclatura	% de fibras de eucalipto	% de fibras de bagaço de cana-de-açúcar
Pasta B	0	100
Pasta E	100	0
Pasta BE	50	50

2.1 Caracterização microscópica e química

Pequenas frações das *Pastas B* e *E* foram usadas para feitura de lâminas que foram vistas e fotografadas em microscópio óptico para medição do comprimento médio de fibras. Porções dessas mesmas pastas foram submetidas à análise química, através dos seguintes ensaios: viscosidade intrínseca, de acordo com ISO 5351; teor de extrativos solúveis em acetona (ABNT NBR 14578); teor de celuloses alfa, beta e gama (ABNT NBR 14032); e teor de cinzas a 525 °C (ABNT NBR 13999).

2.2 Propriedades ópticas e reversão de cor

Foram medidos, nas *Pastas B*, *E* e *BE*, o fator de reflectância difusa no azul (alvura ISO) e as propriedades de cor L^* , a^* e b^* do sistema de cores CIELAB, de acordo com ABNT NBR 14528 e ABNT NBR 14999, respectivamente. Após envelhecimento acelerado em estufa por 4 h a (105 ± 2) °C, os parâmetros foram lidos novamente para cálculo da reversão de alvura (ABNT NBR 14530) e diferença de cor (CIE 15).

2.3 Refinação e formação de folhas em laboratório

Com o intuito de comparar as amostras de pastas celulósicas individualmente e em mistura, realizou-se o esquema descrito no fluxograma da **Figura 1**. Refinação PFI e formação de folhas foram feitas de acordo com ISO 5264-2 e ISO 5269-1, respectivamente. O grau de refinação foi medido pelo aparelho *Schopper-Riegler*, seguindo a norma ISO 5267-1.

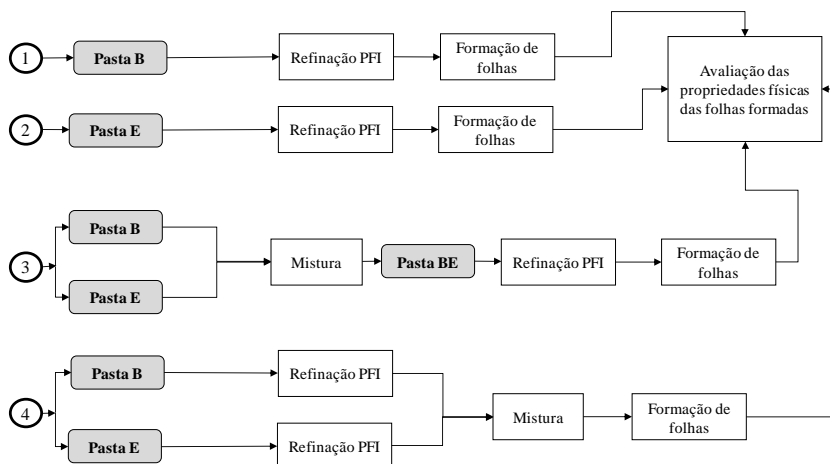


Figura 1: Fluxograma do plano experimental

Inicialmente, a *Pasta B* foi avaliada individualmente através da refinação em moinho PFI (fluxo 1 da **Figura 1**). O mesmo foi aplicado à *Pasta E* (fluxo 2 da **Figura 1**). O terceiro fluxo consistiu em realizar a mistura das *Pastas B* e *E*, a fim de formar a *Pasta BE*, para serem refinadas juntas. O fluxo 4 serviu para avaliar se a refinação das pastas separadamente antes de realizar a mistura seria melhor que o realizado no fluxo 3, onde se mistura as pastas e depois se faz a refinação.

2.4 Propriedades físicas das folhas formadas

As folhas formadas foram submetidas aos ensaios descritos na norma ISO 5270 para folhas de baixa gramatura (60 g/m^2). Os seguintes parâmetros foram determinados: gramatura; espessura, densidade aparente e volume específico; permeância ao ar (*Gurley*); resistência a dobras e índices de tração, rasgo e arrebentamento.

2.5 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Foi utilizado como equipamento um microscópio eletrônico de varredura de emissão de campo (MEV/FEG) com detector INCA PentaFETx3 para análise da superfície da folha formada em laboratório.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização microscópica

As fotos das fibras de madeira de eucalipto e de bagaço de cana-de-açúcar obtidas das pastas celulósicas analisadas neste trabalho estão ilustradas na **Figura 2**.

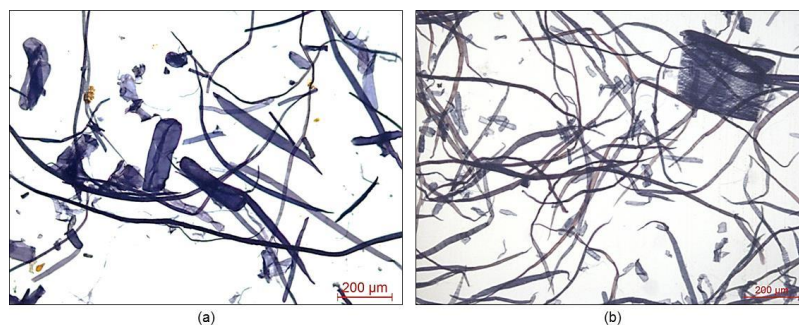


Figura 2: Fibras de bagaço de cana-de-açúcar (a) e de madeira de eucalipto (b)

De acordo com a **Figura 2**, a amostra de pasta de bagaço de cana representa ser mais heterogênea que a de eucalipto, ou seja, outros elementos como os parênquimas, que não são classificados como fibra, estão presentes em grande quantidade. Na **Tabela 2** estão apresentados os valores de comprimento de fibras das duas amostras analisadas, assim como seus respectivos desvios-padrões.

Tabela 2. Comprimento de fibras

Amostra	Comprimento de fibra (mm)			Desvio-padrão (mm)
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor médio	
Pasta B	0,21	3,96	0,80	0,48
Pasta E	0,25	1,21	0,78	0,20

Nota: os valores referem-se a 200 medições de comprimento de fibras por amostra.

Tanto as fibras de bagaço de cana como as de eucalipto são classificadas como fibras curtas, sendo que a variação do comprimento das fibras de bagaço de cana é consideravelmente maior que a variação das fibras de eucalipto. Apesar disso, suas médias convergem a valores próximos (0,80 mm e 0,78 mm para bagaço e eucalipto, respectivamente).

3.2 Caracterização química

O resultado dos ensaios referentes à caracterização química das pastas de madeira de eucalipto e de bagaço de cana-de-açúcar estudadas está apresentado na **Tabela 3**.

Tabela 3. Propriedades químicas das pastas celulósicas

Propriedade	Pasta B	Pasta E
Solúveis em acetona (%)	0,14 ± 0,02	0,11 ± 0,01
Teor de cinzas a 525 °C (%)	0,82 ± 0,01	0,22 ± 0,01
Viscosidade (mL/g)	681 ± 6	704 ± 8
Celulose alfa (%)	79,4 ± 0,2	91,1 ± 0,1
Celulose beta (%)	17,4 ± 0,5	6,0 ± 0,2
Celulose gama (%)	3,1 ± 0,2	2,9 ± 0,2

O teor de solúveis em acetona indica a quantidade de compostos insolúveis em água presentes nas pastas (principalmente extrativos). Neste caso, as duas amostras possuem praticamente o mesmo teor. Quanto às cinzas (teor de compostos inorgânicos das pastas), a amostra de bagaço de cana apresenta um valor entre três e quatro vezes maior que o da amostra de eucalipto. A viscosidade é levemente menor no caso da amostra de bagaço de cana, indicando que o grau de polimerização médio das moléculas de celulose deve ser menor do que o da amostra de eucalipto. Sobre os teores de alfa, beta e gama celulose, o primeiro é menor para a amostra de bagaço de cana indicando maior probabilidade da presença de moléculas de celulose degradada, fato confirmado pelo maior valor obtido nesta amostra para beta celulose (17,4 %), em relação à amostra de eucalipto (6,0 %). Quanto ao valor de gama celulose, que está relacionado à fração de hemiceluloses, este é basicamente equivalente para as duas amostras.

3.3 Reversão de alvura e cor

Na **Tabela 4** estão apresentados os valores obtidos para alvura e cor antes e após o processo de envelhecimento acelerado, tanto para as pastas puras como para sua mistura. Também são apresentados os valores de reversão de cor e diferença de cor, calculados a partir dos valores antes e após o envelhecimento.

Tabela 4. Resultados de propriedades ópticas

Propriedade	Pasta B		Pasta E		Pasta BE		
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	
Alvura ISO (%)	85,67 ± 0,11	84,45 ± 0,13	91,70 ± 0,13	90,09 ± 0,10	88,33 ± 0,12	86,92 ± 0,13	
L*	95,71 ± 0,09	95,49 ± 0,09	98,14 ± 0,10	97,83 ± 0,09	96,73 ± 0,09	96,49 ± 0,09	
Cor	a*	-0,31 ± 0,09	-0,47 ± 0,09	-0,68 ± 0,09	-0,80 ± 0,09	-0,43 ± 0,09	-0,57 ± 0,09
	b*	2,81 ± 0,09	3,36 ± 0,09	2,65 ± 0,09	3,30 ± 0,10	2,62 ± 0,09	3,28 ± 0,09
Reversão de alvura (%)	1,22 ± 0,17		1,62 ± 0,16		1,41 ± 0,18		
Diferença de cor	0,61 ± 0,13		0,73 ± 0,13		0,71 ± 0,13		

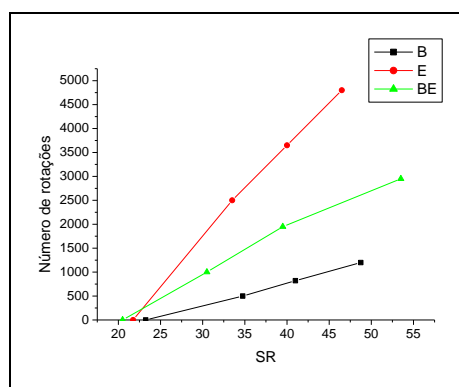
De acordo com os valores de alvura ISO da **Tabela 4**, é possível perceber que a *Pasta E* foi mais efetivamente branqueada em seu processo do que a *Pasta B*. A *Pasta BE*, por ser mistura das outras duas amostras, possui valores intermediários de alvura e cor CIELAB. Ressalta-se que os dados obtidos mostram que as amostras puras e sua mistura estão no mesmo quadrante do plano a*b*.

Ao submeter as três amostras ao processo de envelhecimento acelerado, a queda da alvura foi mais expressiva na *Pasta E* que na *Pasta B*, o que influenciou no resultado da mistura (*Pasta BE*). As diferenças de cor não foram desprezíveis levando em consideração a incerteza padrão associada a elas. Porém, de acordo com Goveia (2004), a diferença de cor só é significativa, ou seja, perceptível ao olho humano, quando esse valor ultrapassa 2,50. Deste modo, pode-se dizer que o envelhecimento acelerado nessas condições não afetou significativamente a cor das amostras analisadas.

3.4 Energia consumida versus grau de refinação

O parâmetro utilizado para avaliar a quantidade de energia consumida na refinação foi o número de rotações do refinador PFI por ser diretamente proporcional à energia consumida, graças à equação descrita por Kerekes (2009). De acordo com dados fornecidos por Kerekes (2009), a energia específica (quantidade de energia consumida por rotações no PFI) pouco varia em relação ao tipo de fibra utilizada, assim como ao processo de cozimento e ao branqueamento. Portanto, assume-se neste trabalho que a energia específica é a mesma em todos os ensaios realizados em refinador PFI e, por fim, que o número de rotações é uma medida indireta da energia consumida na refinação.

O gráfico que relaciona o número de revoluções no PFI e o grau de refinação está ilustrado na **Figura 3**.

**Figura 3: Número de rotações versus grau de refinação**

Analisando a **Figura 3**, percebe-se que a *Pasta E* necessita de muito mais energia para atingir um determinado grau de refinação que a *Pasta B*. Neste caso, para atingir 45 SR foi necessário aplicar aproximadamente 4600 rotações no PFI para a *Pasta E*, enquanto que, para a *Pasta B*

foi necessário em torno de mil. Esse fato confirma a observação feita por Benitez *et al.* (2012). A facilidade em refinar pastas de bagaço de cana-de-açúcar pode ser explicada pela estrutura de suas fibras, que possuem características distintas em relação às fibras de eucalipto (**Figura 2**). Ao misturar as fibras e refiná-las juntas, houve um decréscimo no número de rotações em relação à *Pasta E* e um acréscimo em relação à *Pasta B*, o que era esperado.

3.5 Propriedades físicas das folhas formadas em laboratório

Foram construídas curvas de refinação relacionando propriedades físicas do papel com o grau de refinação das pastas, que estão ilustradas na **Figura 4**.

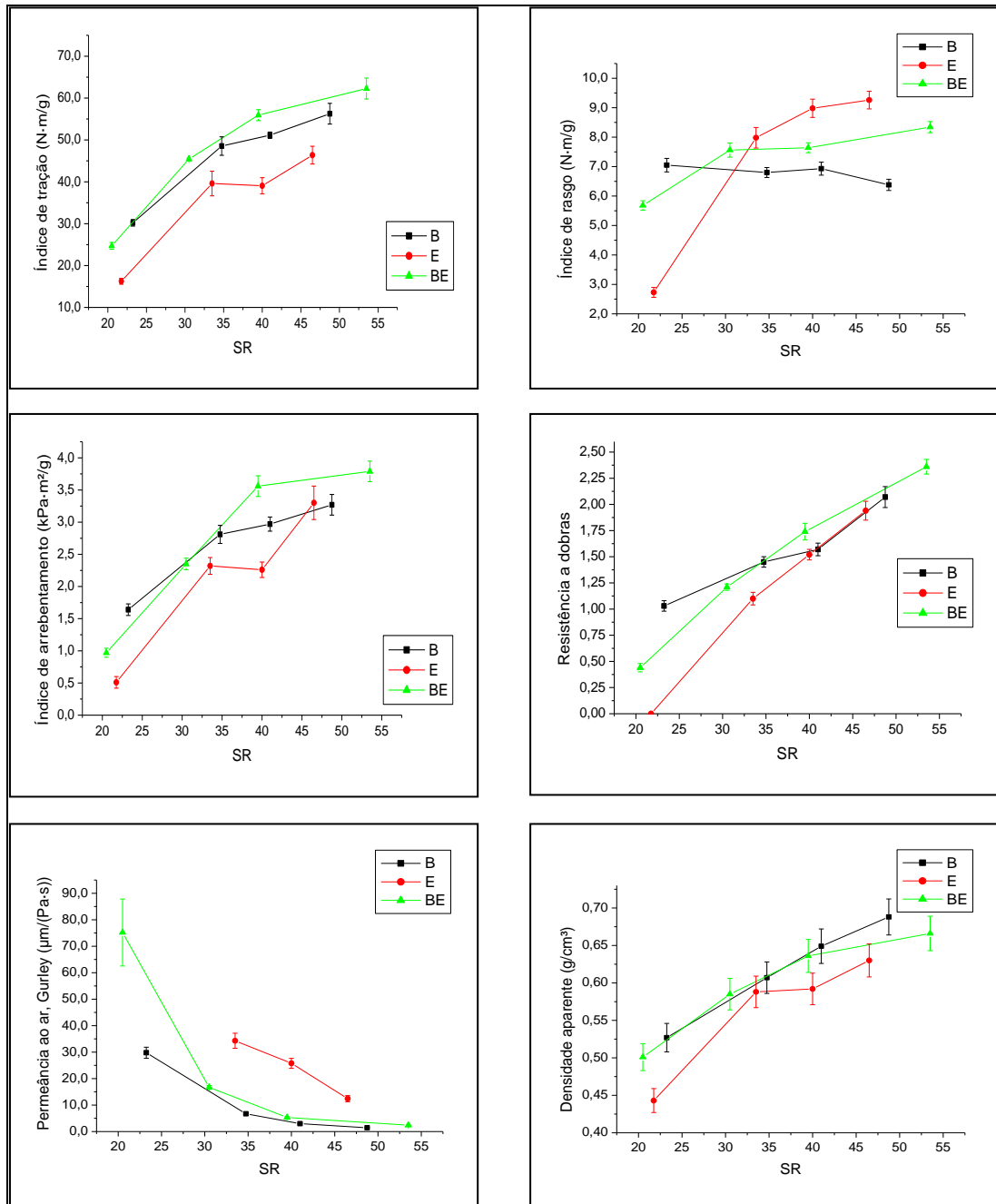


Figura 4: Propriedades físicas das folhas formadas versus grau de refinação

Observando os gráficos da **Figura 4**, há uma tendência clara de elevação dos valores das propriedades de resistência das folhas formadas com o grau de refinação no qual as pastas foram submetidas. Isso ocorre nos índices de tração, de rasgo e de arrebentamento para as *Pastas E* e *BE*, assim como na resistência a dobras. Tendência essa já observada em diversos

trabalhos a respeito de refinação de pastas (Benitez *et al.*, 2012; Campos *et al.*, 2000; Yasumura; D'Almeida; Park, 2008). A principal explicação a respeito disso é que a refinação eleva a ligação interfibras (Foelkel; Barrichelo, 1975).

Quanto à permeância ao ar, a tendência foi de queda, provavelmente pelo fato de a refinação compactar as fibras e gerar finos, o que dificulta a passagem de ar pelos seus espaços vazios que se tornam menores. Esses fenômenos também explicam o ganho de densidade aparente quando a pasta é refinada.

Analisando as pastas individualmente, percebe-se que a *Pasta B* possui melhores propriedades de resistência à tração, arrebentamento e dobras em praticamente todos os graus de refinação atingidos. É possível que esse fato ocorra porque há maior ligação interfibras e há presença de fibras mais longas na *Pasta B*. Ao analisar a permeância ao ar para a *Pasta B* juntamente com sua densidade aparente, nota-se que a permeância é bem menor do que para a *Pasta E*, indicando menor volume de espaços vazios entre as fibras e um maior número de fibras por unidade de massa no papel. O perfil baixo e estável do índice de rasgo com o grau de refinação em papéis de fibras de bagaço de cana foi também observado por Vena *et al.* (2013). Essas fibras são relativamente frágeis, podendo haver encurtamento delas com a refinação (Rainey, 2012) e, portanto, as folhas podem até sofrer perda dessa propriedade por este fato.

Ao avaliar a mistura das pastas, percebe-se que as resistências à tração, arrebentamento e dobras são melhores que as *Pastas B* e *E*, para graus de refinação mais elevados. Com isso, é possível dizer que há aumento das ligações interfibras e que as fibras de madeira de eucalipto e de bagaço de cana-de-açúcar interagem positivamente para isso. Quanto às demais propriedades (rasgo, permeância ao ar e densidade aparente), foi observada apenas uma combinação das propriedades das folhas da *Pasta B* com a *Pasta E*, ou seja, queda de valor da propriedade em relação a uma pasta, mas aumento em relação a outra.

3.6 Refinação separada

Um estudo foi feito para avaliar se a refinação das pastas de eucalipto e de bagaço separadamente é mais vantajosa para as propriedades físicas das folhas formadas em laboratório com a mistura. Para isso, seguiu-se o fluxo 4 da **Figura 1**. Os valores estão contidos na **Tabela 5**.

Tabela 5. Propriedades físicas das pastas refinadas juntas e separadas

Propriedade	Refinação junta (Pasta BE), interpolados para 37,8 SR	Refinação separada, 37,8 SR
Índice de tração (N·m/g)	55,2	51,0 ± 1,6
Índice de rasgo (mN·m ² /g)	7,7	7,6 ± 0,2
Índice de arrebentamento (kPa·m ² /g)	3,2	3,1 ± 0,1
Permeância ao ar, <i>Gurley</i> (μm/(Pa·s))	7,5	10,9 ± 0,7
Densidade aparente (g/cm ³)	0,617	0,609 ± 0,021
Resistência a dobras	1,65	1,54 ± 0,05

Nota: os valores das propriedades da *Pasta BE* não possuem incerteza por serem resultados de interpolações das curvas de refinação (**Figura 4**).

Analisando os valores presentes na **Tabela 5**, percebe-se que não há diferença significativa entre os valores de índice de rasgo, índice de arrebentamento e densidade aparente, pois os resultados obtidos dos ajustes estão no intervalo da incerteza das propriedades analisadas. As folhas formadas por refinação separada, de um modo geral, são mais frágeis em relação àquelas da *Pasta BE* (refinação junta): há mais espaços vazios entre as fibras (indicado pelo maior valor de permeância ao ar) e possuem menores resistências à tração e a dobras.

A refinação de modo separado promove o melhor uso da energia no desenvolvimento de suas propriedades pela melhor capacidade de controlar as condições operacionais do processo para atingir os melhores resultados (Manfredi, 2006). Entretanto, no caso deste estudo, a refinação da pasta previamente misturada se mostrou a melhor opção, pois foram obtidos valores maiores de resistência. Este fato indica que a refinação conjunta resulta em fibras que

interagem de modo mais efetivo, com maior formação de ligações interfibras, quando da formação da folha.

3.7 Microscopia Eletrônica de Varredura

Na **Figura 5** estão ilustradas fotografias feitas em MEV das superfícies das folhas formadas em laboratório, com pastas de grau de refinação de aproximadamente 40 SR.

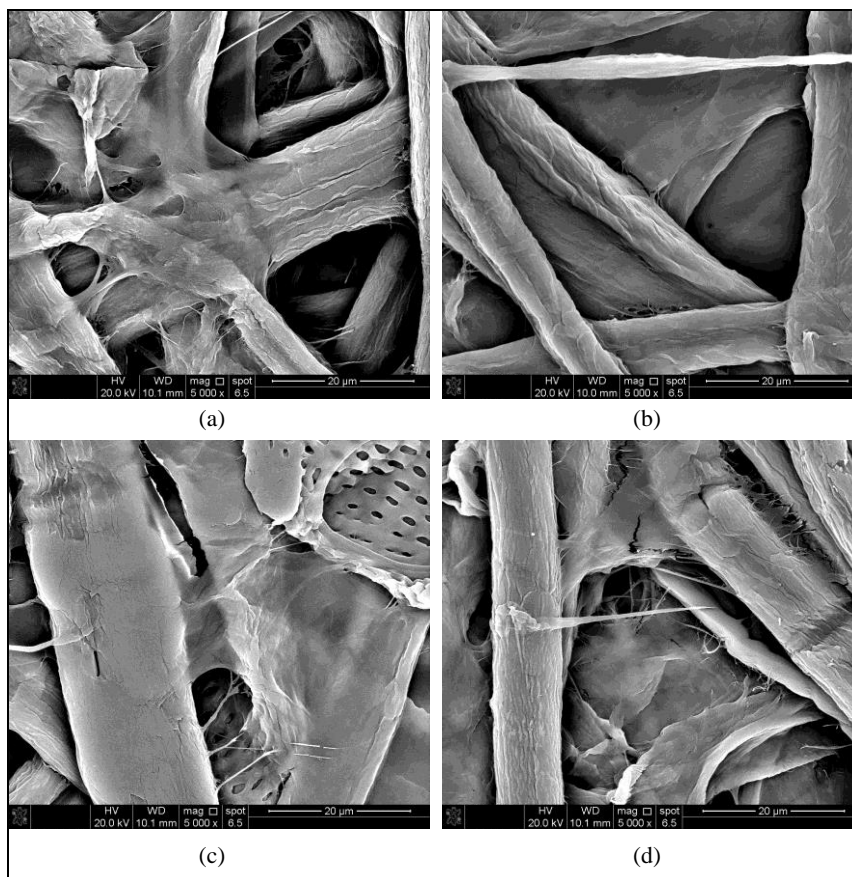


Figura 5: Fotografias em microscopia eletrônica, com aumento de 5000x, das superfícies das folhas formadas em laboratório a partir da pasta E (a), pasta B (b), pasta BE (c) e mistura refinada separadamente (d)

Para ratificar a hipótese de que as ligações interfibras na mistura contribuíram para o aumento da resistência da folha formada, percebe-se na **Figura 5c** que há ligações bem consolidadas entre as fibras de eucalipto e de bagaço de cana, inclusive entre fibras e outros elementos presentes no bagaço. Na refinação separada também há muitas ligações interfibras, porém, são mais frágeis e muitas delas estão rompidas, provando também que a refinação da mistura junta foi melhor para propriedades de resistência do papel.

4. CONCLUSÃO

A adição de 50 % de pasta branqueada de fibras de bagaço de cana-de-açúcar em uma pasta branqueada de fibras de madeira de eucalipto, ambas virgens, resultou em melhorias nas propriedades físicas das folhas formadas em laboratório. É possível citar o aumento significativo das resistências à tração, ao arrebentamento e a dobras, além da queda na permeância ao ar e na reversão da alvura. Misturas como essas podem ser empregadas em papéis que exigem maiores resistências mecânicas. A redução drástica da energia consumida na refinação teria um impacto direto no custo de manufatura e, conseqüentemente, no preço de venda do produto acabado.

REFERÊNCIAS

1. Andrade, M.F., Colodette, J.L., Jameel, H. Chemical and morphological characterization of sugar cane bagasse. *Tappi Journal*, Peachtree Corners, EUA, v. 13, n. 6, p. 27-33, 2014.
2. Andrade, M.F., Colodette, J.L., Oliveira, R.C., Jardim, C.M., Jameel, H. Production of printing and writing paper grade pulp of sugar cane bagasse. *Tappi Journal*, Peachtree Corners, EUA, v. 13, n. 6, p. 35-44, 2014.
3. Benitez, J. B., D'Almeida, M.L.O., Felissia, F.E., Park, S.W., Koga, M.E.T., Area, M.C. Reciclabilidade de papeles de oficina comerciales: respuesta a dos ciclos. In: The 45th ABTCP International Pulp and Paper Congress and VII IberoAmerican Congress on Pulp and Paper Research, PP24., 2012. São Paulo. *Anais...* São Paulo, 2012. 1 CD.
4. Bracelpa – Associação Brasileira de Celulose e Papel. Indústria brasileira de árvores. Conjuntura Bracelpa 64. 2014a. Disponível em: <<http://bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/conjuntura/CB-064.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2014.
5. Bracelpa – Associação Brasileira de Celulose e Papel. Indústria brasileira de árvores: O setor em números. 2014b. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/shared/2014.09.01.booklet-pt.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2014.
6. Campos, E. S., Martins, M.A.L., Foelkel, C.E.B., Frizzo, S.M.B. Seleção de critérios para a especificação de pastas celulósicas branqueadas de eucaliptos na fabricação de papéis para impressão “offset”. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.10, n.1, p. 57-75, 2000.
7. Carvalho, D M. Caracterização físico-química e polpação etanol-soda do bagaço e da palha de cana-de-açúcar. 2012. 150p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2012.
8. D'Almeida, M. L. O., Koga, M.E.T., Ferreira, D.C., Pigozzo, R.J.B. Composição química da madeira e matérias-primas fibrosas. In: Cherubin, M.J. (Org.). *Celulose: área celulose e papel*. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2013. p. 11-58.
9. Eugenio, M.E., Martin-Sampedro, R., Revilla, E., Villar, J.C. Evaluation of *Hesperaloe funifera* pulps obtained by a low energy consumption process as a reinforcement material in recycled pulps. *Forest Systems*, v.21, n.3, p. 460-467, 2012.
10. Foelkel, C. E. B., Barrichelo, L. E. G. Mistura de celuloses de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *caribaea*. IPEF, n. 10, p.63-76, 1975.
11. Goveia, J.C. Estudo colorimétrico da translucidez de materiais restauradores odontológicos. 2004. 110p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo – Faculdade de Odontologia. São Paulo, 2004.
12. Kerekes, R.J. Characterizing refining action in PFI mills. *Tappi Journal*, Peachtree Corners, EUA, v. 4, n. 3, p. 9-14, 2009.
13. Khakifirooz, A., Ravanbakhsh, F., Samariha, A., Kiaei, M. Investigating the Possibility of Chemi-mechanical Pulping of Bagasse. *BioResources*, NC State University, EUA, v. 8, n. 1, p. 21-30, 2013.
14. Manfredi, V. Evaluation of refining strategies for combined use of softwood and eucalypt pulps in Papermaking. In: Pan Pacific Conference - Advances in Pulp & Paper Sciences and Technologies, 1., 2006. KTAPPI. *Anais...* Seul: 2006. p. 37-42.
15. Rainey, T. J. A comparison between highly depithed and conventionally depithed bagasse pulp. *Appita Journal*, Austrália, v. 65, n. 2, p.178-183, 2012.
16. Vena, P. F., García-Aparicio, M.P., Brienzo, M., Görgens, J.F., Rypstra, T. Impact of hemicelluloses pre-extraction on pulp properties of sugarcane bagasse. *Cellulose Chemistry and Technology*, Romênia, v. 47, 5-6, p. 425-441, 2013.
17. Yasumura, P. K., D'Almeida, M.L.O., Park, S.W. Ações de refino em moinho PFI e em refinador industrial de disco. *Revista O Papel*, São Paulo, v. 69, n. 8, p. 63-72, 2008.