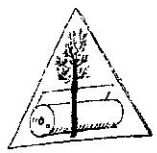
Janeiro — 1980



artigo técnico

comportamento de misturas de pastas celulósicas de eucalipto e pinho na fabricação de papel

2.° PRÊMIO ABCP

Silvia Bugajer
Genésio Su Sun Kuan
IPT/CTCP

APRESENTAÇÃO

Este trabalho é resultado de um dos muitos estudos que vêm sendo realizados sobre a utilização da pasta celulósica de eucalipto brasileira e a pasta celulósica de pinho finlandesa.

Uma das conclusões a que se chegou foi que as características físicas de misturas destas pastas variam com o grau de refinação das pastas e com a proporção da mistura.

RESUMO

Neste trabalho os autores apresentam o comportamento de pasta celulósica sulfato branqueada de eucalipto brasileira em mistura com pasta celulósica sulfato branqueada de pinho finlandesa.

As pastas celulósicas de eucalipto e de pinho foram refinadas separadamente. Foram avaliadas as suas características físicas e o efeito da refinação sobre as fibras de eucalipto e pinho.

As pastas celulósicas de eucalipto e de pinho, com diferentes graus de refinação (15, 30, 45 e 60°SR), foram misturadas em várias proporções (1:3, 1:1 e 3:1), após o que, foram avaliadas as características físicas das folhas confeccionadas com as diversas misturas para determinar a influência do grau de refinação das pastas e da proporção utilizada.

ABSTRACT

On this paper the authors present the behavior of mixtures containing bleached kraft pulps from eucalyptus manufactured in Brazil and from pine produced in Finland.

The eucalyptus and the pine pulps were separately refined. The physical characteristics of the pulps were evaluated, as well as the effect of refining on the fibers of both pulps.

The pulps with different degree of refining (15, 30, 45 and 60°SR) were mixed in various proportions (1:3, 1:1 and 3:1). The physical characteristics of the handsheets prepared with the different mixtures were evaluated, in order to determine the influence of the degree of refining and the proportion used.

INTRODUÇÃO

Após avaliar criteriosamente as características físicas das pastas celulósicas sulfato branqueadas de eucalipto fabricadas no Brasil e destinadas à exportação, o Centro Técnico em Celulose e Papel do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A, está estudando a sua utilização, no intuito de tecnologicamente apoiar o esforço mercadológico de exportação de pastas celulósicas de eucalipto e assistir a indústria papeleira nacional, que utiliza pastas celulósicas de eucalipto.

O presente trabalho é o resultado de um destes estudos de utilização de pasta celulósica de eucalipto, no qual se procurou determinar a influência da adição de pasta celulósica de eucalipto brasileira à pasta celulósica de pinho finlandesa.

As pastas celulósicas sulfato branqueadas de eucalipto e pinho foram refinadas, em moinho Valley, separadamente, sendo avaliadas as suas características físicas e o efeito da refinação sobre as suas fibras.

As pastas com diferentes graus de refinação foram misturadas em várias proporções, a fim de determinar a influência do grau de refino e da proporção utilizada nas características físicas das folhas confeccionadas com estas misturas.

Vários estudos relativos a misturas de pastas de folhosas e coníferas foram efetuados. As matérias-primas utilizadas nos diversos trabalhos são as mais variadas e os resultados apresentados chegam muitas vezes a ser contraditórios, devido principalmente à diversidade de pastas celulósicas utilizadas e diferentes equipamentos e métodos de trabalho usados.

Entre os trabalhos desenvolvidos relativos a misturas de eucalipto e pinho, encontram-se o de Molleda e Xuclá (1), onde é mostrada de uma maneira geral a influência da adição de pasta de eucalipto à pasta de pinho. Colley (2,3) estudou misturas de **Eucalyptus tetrodonta** e **Pinus radiata** através de fotomicrografias, preocupando-se essencialmente com a influência das características morfológicas da fibra curta. Foelkel e Barrichelo (4) utilizaram pastas celulósicas não-branqueadas obtidas em laboratório, examinando apenas misturas de pastas pouco refinadas (23 a 25°SR).

Os resultados obtidos por Foelkel e Barrichelo concordam na sua maioria com os resultados apresentados neste trabalho, principalmente em relação à resistência ao rasgo de misturas de fibras de folhosas e de coníferas, confirmando também os dados obtidos por Parsons (5).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

I. Pastas celulósicas de eucalipto e de pinho

1. Refinação

As pastas celulósicas sulfato branqueadas de eucalipto (figura 1) e de pinho (figura 2) foram

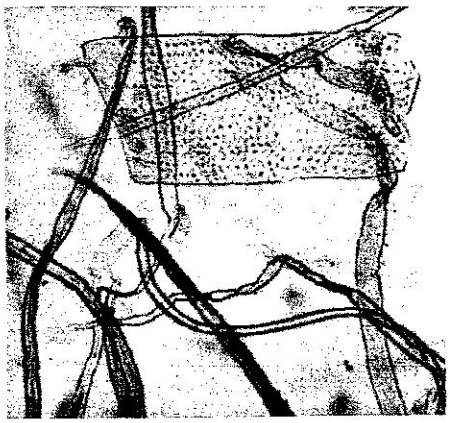


Figura 1. Fotomicrografia obtida em microscópio ótico de pasta celulósica de eucalipto sem refino. Aumento: 100 X

refinadas em moinho tipo Valley. A pasta celulósica de eucalipto é brasileira, enquanto que a de pinho é finlandesa.

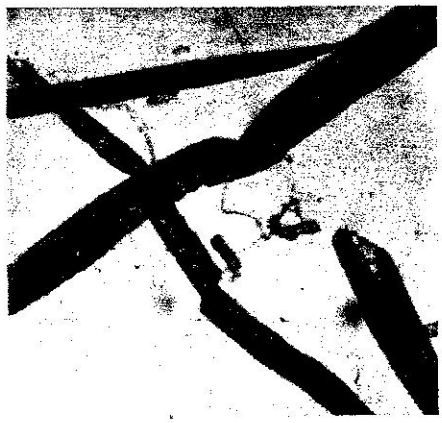


Figura 2. Fotomicrografia obtida em microscópio ótico de pasta celulósica de pinho sem refino. Aumento: 100 X

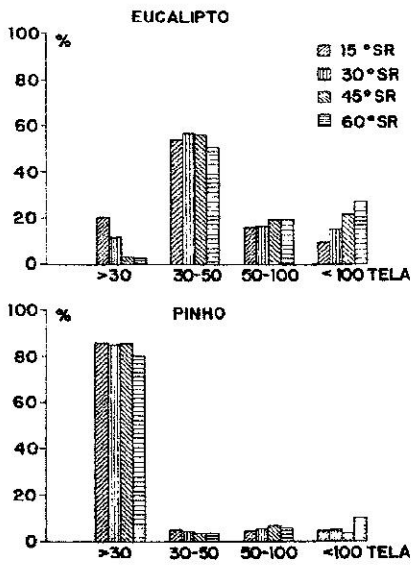
As pastas celulósicas sem refinar e refinadas foram submetidas a classificação de fibras no equipamento Bauer McNett para que se pudesse observar o efeito da refinação, no Valley, sobre as fibras das pastas celulósicas. Os resultados da classificação encontram-se na tabela 1 e graficamente representados na figura 3.

Podemos observar que para a pasta de eucalipto, a quantidade de fibras que ficam retidas na peneira de 30 upna (unidades de padrão norte-americano) cai sensivelmente à medida que a pasta é refinada. Quando a pasta é refinada até 60°SR, a quantidade de fibras maiores que a tela 30 upna diminui 87,3% em relação à pasta sem refino, enquanto que a quantidade de finos (fibras que passam pela peneira de 100 upna) aumenta 65,5%. Isto nos leva a dizer, que as fibras de eucalipto sofreram uma ação de corte, quando refinadas no moinho Valley, mais acentuada que a ação de impacto.

No caso da pasta celulósica de pinho, observamos que à medida que a pasta é refinada a quantidade de fibras maiores que a tela 30 upna praticamente não é alterada. Para a pasta refinada a 60°SR, a quantidade de fibras retidas na peneira 30 upna diminui apenas 6,3% em relação à pasta sem refino, enquanto que a quantidade de finos aumenta 55,6%. Esta quantidade de finos é proveniente, provavelmente, das frações de fibras menores que 30 upna, ou da destruição da parede das fibras. Isto indica que as fibras de pinho, quando refinadas no moinho Valley, sofrem uma ação de impacto mais acentuada, do que a ação de corte.

Foram feitas algumas misturas de pastas celulósicas de eucalipto e pinho, na proporção de

FIGURA 3
EFEITO DA REFINAÇÃO SOBRE AS FIBRAS
CLASSIFICAÇÃO NO BAUER McNETT



1:1, com diferentes graus de refinação, como indicado na tabela 1 acima. Observou-se que a distribuição do comprimento de fibras nas misturas é proporcional ao comprimento de fibras das pastas originais.

Nas figuras a seguir podemos observar o efeito da refinação sobre as fibras das pastas celulósicas de eucalipto e pinho respectivamente.

Figura 4. Fotomicrografia obtida em microscópio eletrônico de varredura de pasta celulósica de eucalipto sem refino. Aumento: 500 X

Figura 5. Fotomicrografia obtida em microscópio eletrônico de varredura de pasta celulósica de pinho sem refino. Aumento: 500 X

Tabela 1. Efeito da refinação sobre as fibras

Classificação de Fibras no Bauer McNett

	Porcentagem de Fibras			
tela (upna)	> 30	30 - 50	50 - 100	< 100
Eucalipto				
E_{15}	20,5	54,0	16,0	9,5
E_{30}	11,4	56,9	16,5	15,2
E_{45}	2,9	56,6	19,2	21,5
E_{60}	2,6	50,7	19,2	27,5
Pinho				
P_{15}	86,0	5,1	4,5	4,4
P_{30}	85,1	4,7	5,3	4,9
P_{45}	85,7	3,8	6,9	3,6
P_{60}	80,5	3,8	5,8	9,9
Misturas				
$50P_{15}50E_{15}$	57,0	24,7	11,5	6,9
$50P_{30}50E_{15}$	58,3	21,3	10,5	9,9
$50P_{45}50E_{15}$	55,3	23,7	11,6	9,4
$50P_{60}50E_{15}$	54,3	25,1	11,5	9,1
$50P_{15}50E_{60}$	47,1	22,9	12,5	17,8
$50P_{30}50E_{60}$	48,8	21,3	12,9	17,0
$50P_{45}50E_{60}$	46,4	25,2	11,9	16,5
$50P_{60}50E_{60}$	44,9	23,4	11,9	19,8

Tabela 2. Características físicas das pastas celulósicas

Amostra	Tempo de refinação	Grau de refinação	Volume específico aparente	Índice de tração	Índice de estouro	Índice de rasgo	Resistência a dobras duplas (Kohler Mollin)	Resistência ao ar (Gurley)	Opacidade (Elrepho)
	min	°SR	cm^3/g	N.m/g	$kPa.m^2/g$	$mN.m^2/g$		s/100 mL	%
Eucalipto	0	16	2,80	10,2	0,27	2,37	-	-	82,6
	60	32	2,10	48,8	2,74	8,16	18	6	82,0
	80	44	1,94	60,1	3,58	9,90	50	21	82,2
	103	59	1,79	61,8	4,09	8,24	72	62	82,3
Pinho	0	15	2,46	18,7	1,02	14,7	4	2	77,0
	35	28	1,87	70,0	5,20	14,9	971	38	72,6
	45	41	1,82	88,3	6,55	12,8	1629	96	72,7
	60	53	1,73	89,4	7,24	13,3	1234	148	71,2

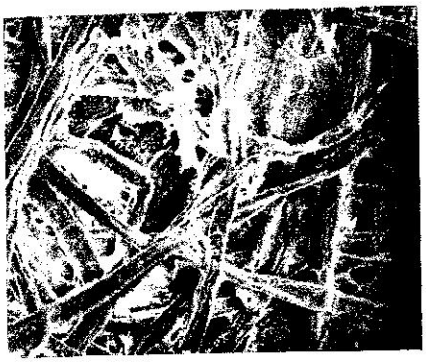


Figura 6. Fotomicrografia obtida em microscópio eletrônico de varredura de pasta celulósica de eucalipto refinada a 30°SR. Aumento: 500 X

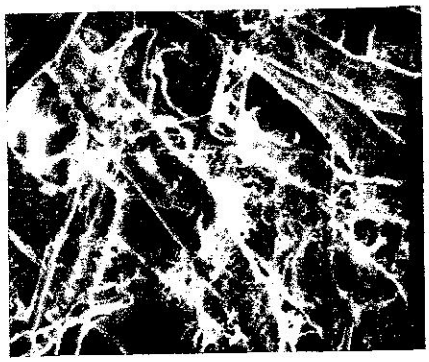


Figura 7. Fotomicrografia obtida em microscópio eletrônico de varredura de pasta celulósica de pinho refinada a 30°SR. Aumento: 500 X

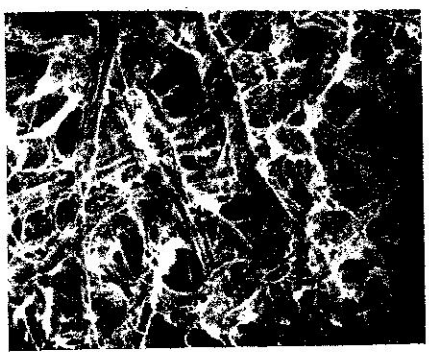


Figura 8. Fotomicrografia obtida em microscópio eletrônico de varredura de pasta celulósica de eucalipto refinada a 45°SR. Aumento: 500 X

Figura 9. Fotomicrografia obtida em microscópio eletrônico de varredura de pasta celulósica de pinho refinada a 45°SR. Aumento: 500 X

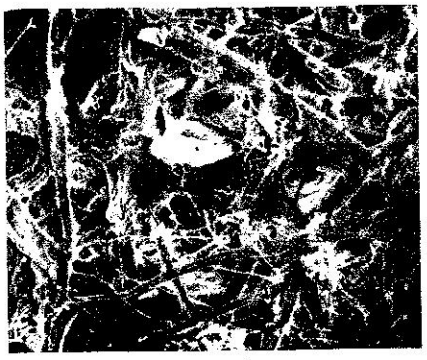


Figura 10. Fotomicrografia obtida em microscópio eletrônico de varredura de pasta celulósica de eucalipto refinada a 60°SR. Aumento: 500 X

Figura 11. Fotomicrografia obtida em microscópio eletrônico de varredura de pasta celulósica de pinho refinada a 60°SR. Aumento: 500 X

2. Características físicas

As características físicas das pastas celulósicas de eucalipto e pinho encontram-se na tabela 2.

A pasta celulósica de eucalipto apresenta volume específico aparente e opacidade mais elevados que a pasta de pinho. O volume específico aparente, para as duas pastas celulósicas, diminui com o refino, enquanto que o índice de tração e de estouro, resistência a dobras duplas e ao ar aumentam com o refino.

Para a pasta celulósica de eucalipto, o índice de rasgo aumenta com o refino até 45°SR, diminuindo depois; para a pasta de pinho, o índice de rasgo mantém-se, praticamente, constante até 30°SR, diminuindo depois. A opacidade da pasta de eucalipto é praticamente constante com a refinação, enquanto que para a pasta de pinho, a opacidade diminui com o refino.

II. Misturas das pastas

Às pastas celulósicas de pinho refinadas a diferentes graus (15, 30, 45 e 60°SR) foram adicionadas pastas celulósicas de eucalipto em diferentes quantidades (25, 50 e 75%). Foram acrescentadas, sucessivamente, pastas celulósicas de eucalipto refinadas a 15, 30, 45 e 60°SR.

Para cada uma das misturas foram formadas folhas manuais com 60 g/m² e avaliadas as suas características físicas.

As misturas são identificadas por aP_bcE_d, onde:

a = porcentagem de pasta celulósica de pinho adicionada
P = pasta celulósica sulfato branqueada de pinho
b = grau de refinação Schopper Riegler da pasta celulósica de pinho
c = porcentagem de pasta celulósica de eucalipto adicionada
E = pasta celulósica sulfato branqueada de eucalipto
d = grau de refinação Schopper Riegler da pasta celulósica de eucalipto

1. Características físicas das misturas

a. Pasta de pinho com pasta de eucalipto sem refino

As características das misturas de pasta celulósica de pinho com eucalipto sem refino encontram-se na tabela 3.

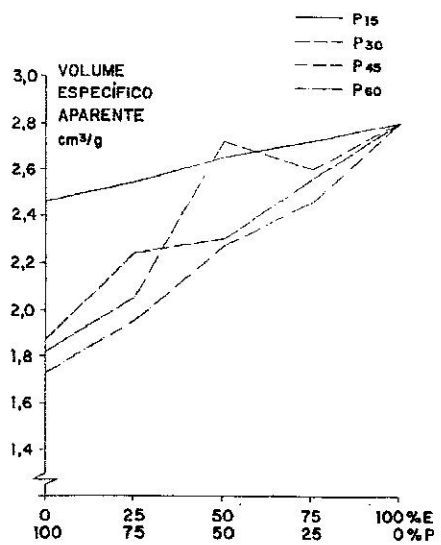
Adicionando-se pasta de eucalipto sem refino à pasta celulósica de pinho, a energia dispendida na refinação diminui com a quantidade de eucalipto adicionada.

Na figura 12 podemos observar que o volume específico aparente das misturas aumenta com a quantidade de pasta celulósica de eucalipto sem refino adicionada.

Tabela 3. Características físicas - Pinho com eucalipto sem refino

Mistura	Tempo de refinação	Grau de refinação	Volume específico aparente	Índice de tração	Índice de estouro	Índice de rasgo	Resistência a dobras duplas (Kohler Mollin)	Resistência ao ar (Gurley)	Opacidade (Elrepho)
	min	°SR	cm^3/g	N.m/g	$kPa.m^2/g$	$mN.m^2/g$		s/100 mL	%
$100P_{15}\,0E_{15}$	0	15	2,46	18,7	1,02	14,7	4	2	77,0
$75P_{15}25E_{15}$	0	16	2,54	17,1	1,00	11,2	3	1	79,2
$50P_{15}50E_{15}$	0	15	2,65	13,5	0,73	8,18	1	-	80,5
$25P_{15}75E_{15}$	0	16	2,72	12,2	0,60	5,38	-	-	82,2
$0P_{15}100E_{15}$	0	16	2,80	10,2	0,27	2,37	-	-	82,6
$100P_{30}\,0E_{15}$	35,00	28	1,87	70,0	5,20	14,9	971	38	72,6
$75P_{30}25E_{15}$	26,25	23	2,24	54,4	3,80	16,9	76	5	74,9
$50P_{30}50E_{15}$	17,50	23	2,30	43,9	2,84	14,8	33	3	80,6
$25P_{30}75E_{15}$	8,75	19	2,56	23,9	1,39	9,24	4	1	83,1
$0P_{30}100E_{15}$	0	16	2,80	10,2	0,27	2,37	-	-	82,6
$100P_{45}\,0E_{15}$	45,00	41	1,82	88,3	6,55	12,8	1629	96	72,7
$75P_{45}25E_{15}$	33,75	34	2,05	59,4	4,64	14,6	324	21	77,9
$50P_{45}50E_{15}$	22,50	27	2,72	45,7	2,93	15,7	53	5	81,5
$25P_{45}75E_{15}$	11,25	21	2,60	23,5	1,34	9,63	4	2	81,4
$0P_{45}100E_{15}$	0	16	2,80	10,2	0,27	2,37	-	-	82,6
$100P_{60}\,0E_{15}$	60,00	53	1,73	89,4	7,24	13,3	1234	148	71,2
$75P_{60}25E_{15}$	45,00	43	1,95	62,1	4,80	14,4	385	54	76,5
$50P_{60}50E_{15}$	30,00	32	2,27	51,7	3,30	14,8	72	10	80,2
$25P_{60}75E_{15}$	15,00	24	2,46	26,5	1,81	9,40	6	2	82,6
$0P_{60}100E_{15}$	0	16	2,80	10,2	0,27	2,37	-	-	82,6

FIGURA 12
VOLUME ESPECÍFICO APARENTE
PINHO COM EUCALIPTO SEM REFINO

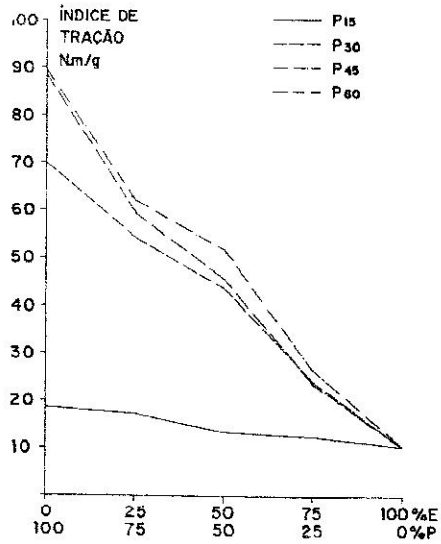


A figura 13 mostra o efeito da adição de pasta celulósica de eucalipto sem refino à pasta celulósica de pinho, sobre o índice de tração.

A adição de 25% de eucalipto sem refino à pasta de pinho sem refino diminui cerca de 8,5% do índice de tração em relação ao da pasta de pinho pura; com a adição de cerca de 50%, a diminuição é de aproximadamente 28,0% e com 75% de eucalipto sem refino, o índice de tração diminui 35,0%.

Quando a adição é feita a pastas de pinho refinadas, a diminuição do índice de tração é ainda mais sensível. Com a adição de 25% de pasta de eucalipto

FIGURA 13
ÍNDICE DE TRAÇÃO
PINHO COM EUCALIPTO SEM REFINO



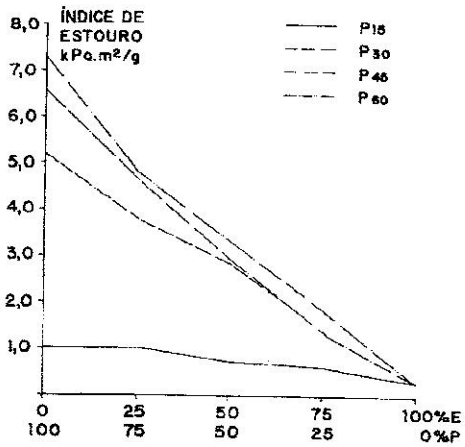
sem refino a pastas de pinho refinadas, o índice de tração diminui cerca de 28,5% em relação ao da pasta de pinho pura; adicionando-se 50%, a queda é de 42,5% e com 75% de eucalipto a diminuição é de aproximadamente 70,0%.

A variação do índice de estouro com a adição de pasta celulósica de eucalipto sem refino à pasta celulósica de pinho é mostrada na figura 14.

Quando a adição é feita à pasta de pinho sem refino observamos o seguinte: com 25% de eucalipto o índice de estouro diminui cerca de 2,0% em relação ao da pasta de pinho pura; com 50%, a diminuição é de 28,5% e com a adição de 75% de eucalipto, o índice de tração diminui aproximadamente 41,0%.

Quando se utilizam misturas com pastas de pinho refinadas, o aumento de porcentagem de pasta de eucalipto sem refino diminui acentuadamente o valor do índice de estouro. Adicionando-se 25% de pasta de eucalipto à pasta de pinho refinada, o índice de estouro diminui aproximadamente de 30,0% em relação ao da

FIGURA 14
ÍNDICE DE ESTOURO
PINHO COM EUCALIPTO SEM REFINO

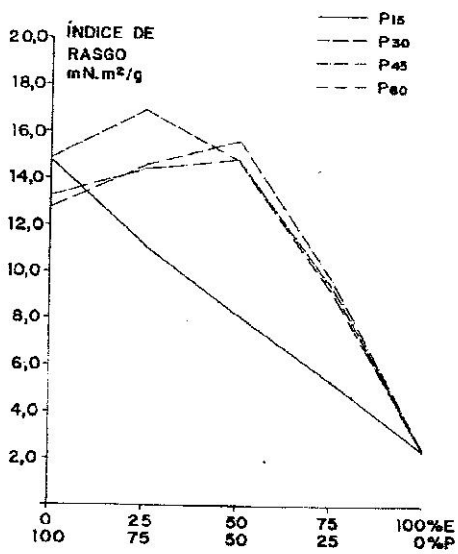


pasta de pinho pura; com a adição de 50%, a diminuição observada é de 52,0% aproximadamente e com 75% de eucalipto, o índice de estouro diminui cerca de 52,5%.

O efeito da adição de pasta celulósica de eucalipto sem refino à pasta celulósica de pinho, sobre o índice de rasgo é mostrado na figura 15.

Adicionando-se 25% de pasta de eucalipto sem refino à pasta de pinho sem refino o índice de rasgo diminui cerca de 24,0% em relação ao da pasta celulósica de pinho pura; com a adição de 50%, a diminuição do índice de rasgo é aproximadamente 44,0% e com 75% de pasta de eucalipto, o índice de rasgo da mistura é cerca de 63,5% mais baixo, que o da pasta de pinho sem refino.

FIGURA 15
ÍNDICE DE RASGO
PINHO COM EUCALIPTO SEM REFINO



Quando se adiciona até cerca de 50% de pasta de eucalipto sem refino à pasta de pinho refinada, o índice de rasgo aumenta cerca de 11,5%, diminuindo, então, para uma porcentagem de eucalipto mais elevada (diminuição de 31,0% para 75% de eucalipto). Verificou-se uma elevação acentuada (23,0%) para a pasta de pinho refinada a 45°SR.

FIGURA 16
OPACIDADE
PINHO COM EUCALIPTO SEM REFINO

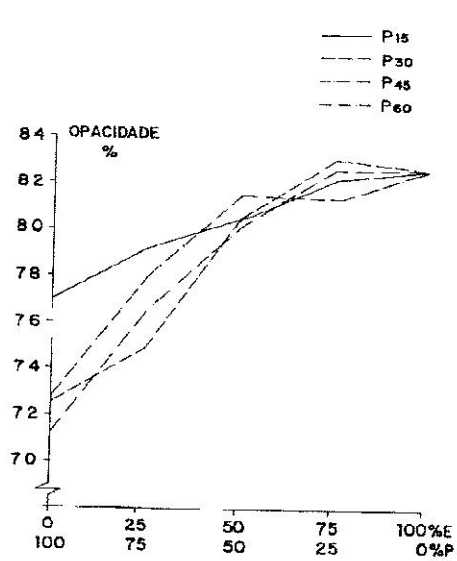


Tabela 4. Características físicas - Pinho com eucalipto a 30°SR

Mistura	Tempo de refinação	Grau de refinação	Volume específico aparente	Índice de tração	Índice de estouro	Índice de rasgo	Resistência a dobras duplas (Kohler Mollin)	Resistência ao ar (Gurley)	Opacidade (Elrepho)
	min	°SR	cm^3/g	N.m/g	$kPa.m^2/g$	$mN.m^2/g$		s/100 mL	%
$100P_{15}{}^{0}E_{30}$	0	15	2,46	18,7	1,02	14,7	4	2	77,0
$75P_{15}{}^{25}E_{30}$	15,00	18	2,46	29,9	1,61	17,1	9	2	79,3
$50P_{15}{}^{50}E_{30}$	30,00	21	2,37	33,6	2,08	17,8	10	3	82,6
$25P_{15}{}^{75}E_{30}$	45,00	29	2,19	41,4	2,53	13,5	15	4	81,9
$0P_{15}{}^{100}E_{30}$	60,00	32	2,10	48,8	2,74	8,16	18	6	82,0
$100P_{30}{}^{0}E_{30}$	35,00	28	1,87	70,0	5,20	14,9	971	38	72,6
$75P_{30}{}^{25}E_{30}$	41,25	31	1,94	64,7	4,90	14,7	300	26	75,5
$50P_{30}{}^{50}E_{30}$	47,50	32	1,98	60,7	4,48	13,3	154	11	79,4
$25P_{30}{}^{75}E_{30}$	53,75	32	2,06	53,0	3,49	13,1	38	7	80,4
$0P_{30}{}^{100}E_{30}$	60,00	32	2,10	48,8	2,74	8,16	18	6	82,0
$100P_{45}{}^{0}E_{30}$	45,00	41	1,82	88,3	6,55	12,8	1629	96	72,7
$75P_{45}{}^{25}E_{30}$	48,75	40	1,89	74,6	4,64	14,0	636	47	74,1
$50P_{45}{}^{50}E_{30}$	52,50	37	1,92	61,3	4,45	12,6	240	25	77,5
$25P_{45}{}^{75}E_{30}$	56,25	35	2,02	56,0	3,57	12,4	72	13	80,6
$0P_{45}{}^{100}E_{30}$	60,00	32	2,10	48,8	2,74	8,16	18	6	82,0
$100P_{60}{}^{0}E_{30}$	60,00	53	1,73	89,4	7,24	13,3	1234	148	71,2
$75P_{60}{}^{25}E_{30}$	60,00	54	1,85	78,4	5,28	12,9	1036	84	74,4
$50P_{60}{}^{50}E_{30}$	60,00	47	1,94	63,8	4,57	12,1	80	31	78,0
$25P_{60}{}^{75}E_{30}$	60,00	42	2,02	54,2	3,65	11,4	60	17	81,1
$0P_{60}{}^{100}E_{30}$	60,00	32	2,10	48,8	2,74	8,16	18	6	82,0

A figura 16 mostra a variação da opacidade com a adição de pasta de eucalipto sem refino à pasta de pinho.

Com a adição da pasta de eucalipto, a opacidade das misturas aumenta gradativamente até cerca de 12,5%, para o caso de 75% de eucalipto na massa.

Com a adição de pasta celulósica de eucalipto sem refino à pasta celulósica de pinho sem refino verificou-se que as resistências a dobras duplas e ao ar praticamente não foram alteradas, mas quando a mistura é feita com pastas de pinho refinadas, observa-se que com o aumento da quantidade de eucalipto na massa, as resistências a dobras duplas e ao ar diminuem sensivelmente.

b. Pasta de pinho com pasta de eucalipto refinada a 30°SR

A tabela 4 apresenta as características físicas de misturas de pastas celulósicas de pinho e de eucalipto refinada a 30°SR.

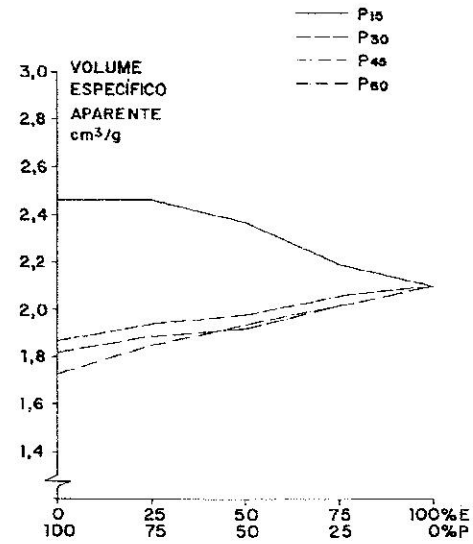
O consumo de energia de refinação dispendido na obtenção de misturas de pastas celulósicas de pinho e de eucalipto refinada a 30°SR, aumenta com o aumento da porcentagem de eucalipto; com exceção da mistura de pasta de pinho refinada a 60°SR com pasta de eucalipto refinada a 30°SR, que se mantém constante para qualquer porcentagem de eucalipto, pois a energia dispendida na refinação da pasta de pinho até 60°SR foi a mesma que para refinar o eucalipto até 30°SR.

Na figura 17 podemos observar a variação do volume específico aparente com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 30°SR à pasta de pinho.

Quando a adição é feita à pasta de pinho sem refino, o volume específico aparente diminui levemente até cerca de 11,0%, para uma quantidade de eucalipto de 75%.

Adicionando-se pasta celulósica de eucalipto refinada a 30°SR à pasta celulósica de pinho refinada verifica-se um aumento do volume específico aparente até aproximadamente 14,5%, para uma adição de 75% de pasta de eucalipto.

FIGURA 17
VOLUME ESPECÍFICO APARENTE
PINHO COM EUCALIPTO A 30° SR

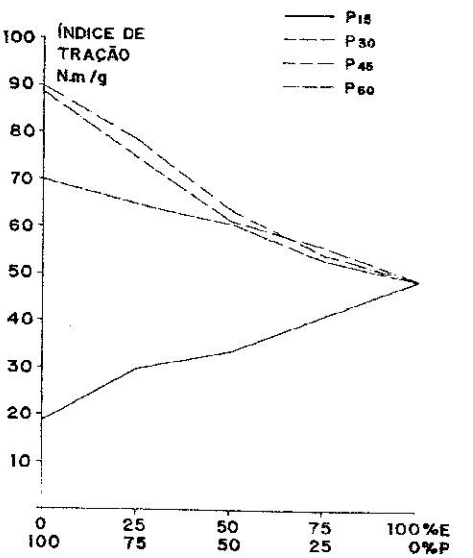


A variação do índice de tração com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 30°SR à pasta celulósica de pinho é mostrada na figura 18.

Quando se adiciona 25% de pasta de eucalipto refinada a 30°SR à pasta de pinho sem refino observa-se o aumento do índice de tração em cerca de 60,0%; adicionando-se 50% de eucalipto a 30°SR, o índice de tração aumenta aproximadamente de 80,0% e com 75% de eucalipto a 30°SR na massa, o índice de tração sofre uma elevação de cerca de 120%.

Misturando-se pasta de eucalipto refinada a 30°SR e pasta de pinho refinada, o índice de tração diminui com o aumento do teor de eucalipto. Para a pasta de pinho refinada a 30°SR, o efeito da diminuição do índice de tração com o aumento do teor de pasta de eucalipto não é tão sensível; porém, para as pastas de pinho mais refinadas com a adição de 25% de pasta de eucalipto refinada a 30°SR na massa, o índice de tração sofre uma diminuição aproximada de 14,0%; adicionando-se 50% de eucalipto, o índice de tração diminui cerca de 35,0% e com 75% de eucalipto, a diminuição é de aproximadamente de 38,0%, em relação ao da pasta de pinho pura.

FIGURA 18
ÍNDICE DE TRAÇÃO
PINHO COM EUCALIPTO A 30° SR

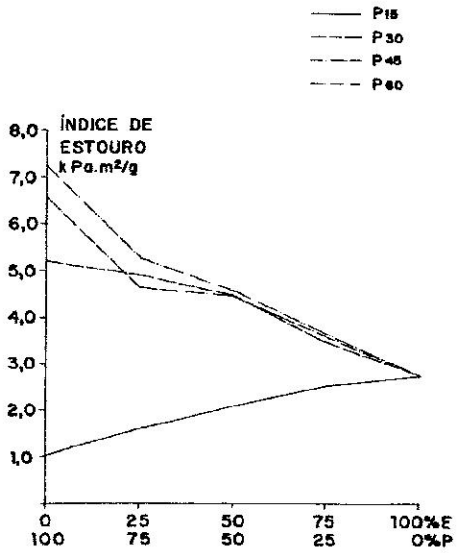


A figura 19 apresenta a variação do índice de estouro com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 30°SR à pasta celulósica de pinho.

O índice de estouro aumenta com a adição de pasta de eucalipto refinada a 30°SR à pasta de pinho sem refino. Comparando-se o valor do índice de estouro da pasta de pinho pura com os valores do índice de estouro das misturas, tem-se que adicionando 25% de eucalipto à massa, o índice de estouro aumenta cerca de 58,0%; com 50% de eucalipto, o aumento é de aproximadamente 104% e para a adição de 75% de eucalipto, o índice de estouro sofre um aumento aproximado de 148%.

Quando a mistura é feita com pastas celulósicas de pinho refinadas e pasta celulósica de eucalipto refinada a 30°SR, observa-se que o índice de estouro diminui, com relação ao da pasta de pinho pura, com o aumento do teor de eucalipto. Para pasta refinada até 30°SR, a diminuição do índice de estouro com o aumento da quantidade de pasta de eucalipto adicionada não é tão sensível, principalmente até um teor de 50% (redução de aproximadamente 14,0% no índice de estouro). Para as pastas de pinho mais refinadas, o efeito é mais acentuado; adicionando-se cerca de 25% de eucalipto à massa, o índice de estouro diminui cerca de 28,0% em relação ao da pasta de pinho pura; com 50% de eucalipto, a diminuição é da ordem de 34,5% e para a adição de 75%, a diminuição do índice de estouro é de aproximadamente 47,5%.

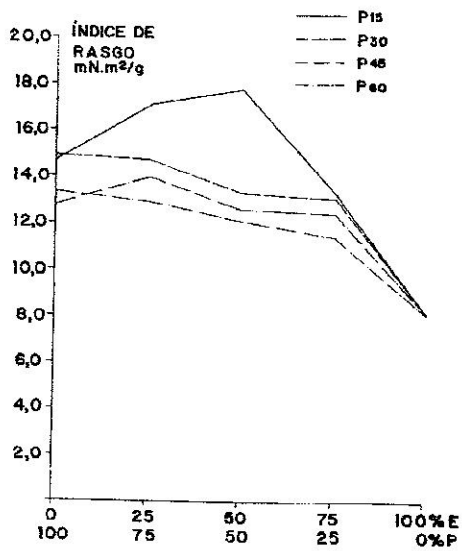
FIGURA 19
ÍNDICE DE ESTOURO
PINHO COM EUCALIPTO A 30° SR



A variação do índice de rasgo com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 30°SR à pasta celulósica de pinho é mostrada na figura 20.

A adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 30°SR à pasta de pinho sem refino aumenta o índice de rasgo, até um teor de eucalipto de 50%, diminuindo-o após isto. Com 25% de pasta de eucalipto, o índice de rasgo aumenta cerca de 16,5% em relação ao da pasta de pinho pura e com a adição de 50% de eucalipto à massa, o aumento observado é de 21,0%.

FIGURA 20
ÍNDICE DE RASGO
PINHO COM EUCALIPTO A 30° SR



Também se observa um aumento do índice de rasgo, em cerca de 9,5% em relação ao índice de rasgo da pasta de pinho pura, quando se mistura 25% de pasta de eucalipto refinada a 30°SR e 75% de pasta de pinho refinada a 45°SR.

Para as demais misturas de pastas de pinho refinadas e pasta de eucalipto refinada a 30°SR, o aumento do teor de pasta de eucalipto diminui o índice de rasgo da mistura. Adicionando-se 25% de eucalipto, o índice de rasgo diminui cerca de 2,0%; com 50% de eucalipto na mistura, o índice de rasgo é aproximadamente 10,0% inferior ao da pasta de pinho pura e com a adição de 75% de eucalipto, o índice de estouro sofre uma diminuição aproximada de 13,5%.

A figura 21 apresenta a variação da opacidade com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 30°SR à pasta celulósica de pinho. Verifica-se que com a adição de pasta de eucalipto à pasta de pinho, a opacidade da mistura aumenta com o aumento do teor de eucalipto, sendo que o aumento é mais acentuado à medida que se utiliza pasta de pinho mais refinada. Uma mistura com 75% de pasta de eucalipto refinada a 30°SR e 25%

Tabela 5. Características físicas - Pinho com eucalipto a 45°SR

Mistura	Tempo de refinação	Grau de refinação	Volume específico aparente	Índice de tração	Índice de estouro	Índice de rasgo	Resistência a dobras duplas (Kohler Mollin)	Resistência ao ar (Gurley)	Opacidade (Elrepho)
	min	°SR	cm^3/g	N.m/g	$kPa.m^2/g$	$mN.m^2/g$		s/100 mL	%
$100P_{15}{}^{0}E_{45}$	0	15	2,46	18,7	1,02	14,7	4	2	77,0
$75P_{15}{}^{25}E_{45}$	20,00	18	2,39	29,4	1,59	17,0	11	2	77,6
$50P_{15}{}^{50}E_{45}$	40,00	25	2,23	35,1	2,49	18,5	19	5	79,1
$25P_{15}{}^{75}E_{45}$	60,00	33	2,10	45,6	2,92	15,9	28	7	76,7
$0P_{15}{}^{100}E_{45}$	80,00	44	1,94	60,1	3,58	9,90	50	21	82,2
$100P_{30}{}^{0}E_{45}$	35,00	28	1,87	70,0	5,20	14,9	971	38	72,6
$75P_{30}{}^{25}E_{45}$	46,25	33	1,90	71,3	4,77	15,5	498	30	74,9
$50P_{30}{}^{50}E_{45}$	57,50	37	1,91	64,7	4,56	13,9	165	25	78,6
$25P_{30}{}^{75}E_{45}$	68,75	40	1,97	68,7	4,46	11,5	138	19	80,1
$0P_{30}{}^{100}E_{45}$	80,00	44	1,94	60,1	3,58	9,90	50	21	82,2
$100P_{45}{}^{0}E_{45}$	45,00	41	1,82	88,3	6,55	12,8	1629	96	72,7
$75P_{45}{}^{25}E_{45}$	53,75	45	1,82	67,5	4,95	13,9	652	55	75,0
$50P_{45}{}^{50}E_{45}$	62,50	44	1,89	70,0	4,80	12,5	534	50	76,4
$25P_{45}{}^{75}E_{45}$	71,25	44	1,84	65,8	3,97	12,2	-	23	80,6
$0P_{45}{}^{100}E_{45}$	80,00	44	1,94	60,1	3,58	9,90	50	21	82,2
$100P_{60}{}^{0}E_{45}$	60,00	53	1,73	89,4	7,24	13,3	1234	148	71,2
$75P_{60}{}^{25}E_{45}$	65,00	57	1,82	77,0	5,33	12,9	670	185	74,4
$50P_{60}{}^{50}E_{45}$	70,00	59	1,85	67,2	4,60	12,2	238	82	78,1
$25P_{60}{}^{75}E_{45}$	75,00	48	1,86	65,4	4,10	12,2	162	41	81,1
$0P_{60}{}^{100}E_{45}$	80,00	44	1,94	60,1	3,58	9,90	50	21	82,2

de pasta de pinho refinada a 60°SR atinge uma opacidade de aproximadamente 14,0% superior à da pasta de pinho pura.

Quando se adiciona pasta celulósica de eucalipto refinada a 30°SR à pasta celulósica de pinho sem refino, as resistências a dobras duplas e ao ar aumentam ligeiramente com o aumento da quantidade de fibras de eucalipto, porém quando a adição é feita a pastas de pinho refinadas, as resistências a dobras duplas e ao ar diminuem sensivelmente com o aumento do teor de pasta celulósica de eucalipto.

c. Pasta de pinho com pasta de eucalipto refinada a 45°SR

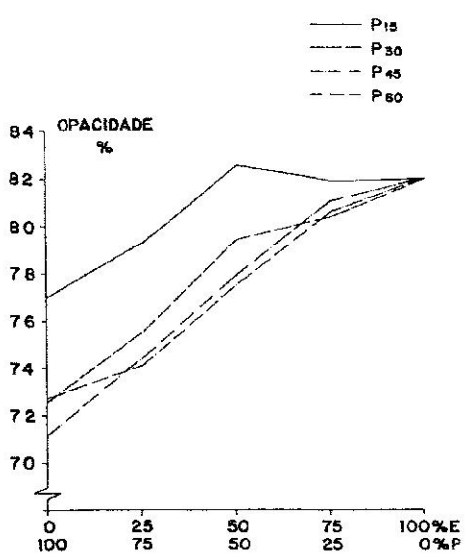
As características físicas de misturas de pastas celulósicas de pinho e de eucalipto refinada a 45°SR são apresentadas na tabela 5.

A medida que o teor de pasta de eucalipto refinada a 45°SR aumenta na mistura, aumenta o consumo de energia dispendido na refinação.

A variação do volume específico aparente com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 45°SR à pasta de pinho é mostrada na figura 22.

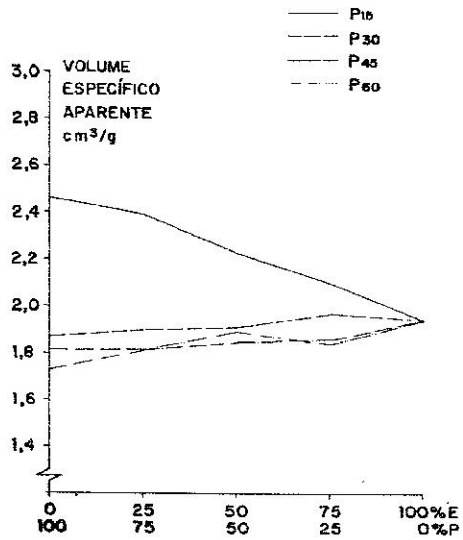
Quando a mistura é feita com pasta de pinho sem refino, o volume específico aparente diminui com o aumento do teor de fibras de eucalipto na massa; chegando até uma diminuição aproximada de 14,5%, em relação ao volume específico aparente da pasta de pinho pura, para uma adição de 75% de eucalipto.

FIGURA 21
OPACIDADE
PINHO COM EUCALIPTO A 30° SR



Ao se adicionar pasta de eucalipto refinada a 45°SR à pasta de pinho refinada, a variação do volume específico aparente observada não é muito acentuada. Com 75% de fibras de eucalipto na massa, o volume específico aparente da mistura é cerca de 4,5 mais elevado que o da pasta de pinho pura.

FIGURA 22
VOLUME ESPECÍFICO APARENTE
PINHO COM EUCALIPTO A 45° SR

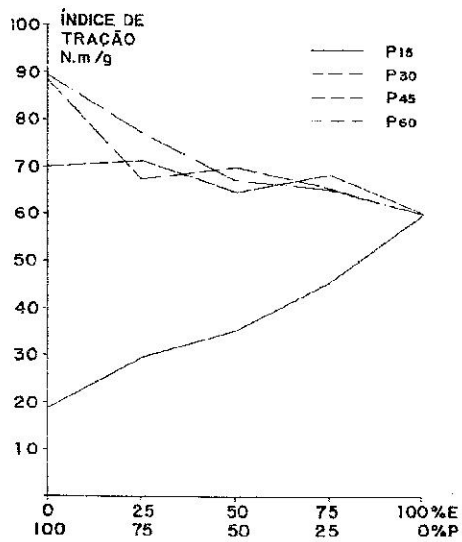


A figura 23 apresenta a variação do índice de tração com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 45°SR à pasta celulósica de pinho.

Adicionando-se a pasta de eucalipto refinada a 45°SR à pasta celulósica de pinho sem refino, o índice de tração sofre uma sensível elevação, com o aumento da quantidade de fibras de eucalipto. Quando se acrescenta 25% de pasta de eucalipto à massa, o índice de tração aumenta 57,5% aproximadamente, em relação ao índice de tração da pasta de pinho pura sem refino; com a adição de 50% de eucalipto, o aumento observado é de cerca de 88,0% e com 75% de eucalipto na massa o aumento é de 144,0%.

Quando a mistura é feita com pasta de pinho refinada a 30°SR e pasta de eucalipto refinada a 45°SR, o índice de tração permanece praticamente inalterado com o aumento da quantidade de fibras de eucalipto.

FIGURA 23
ÍNDICE DE TRAÇÃO
PINHO COM EUCALIPTO A 45° SR



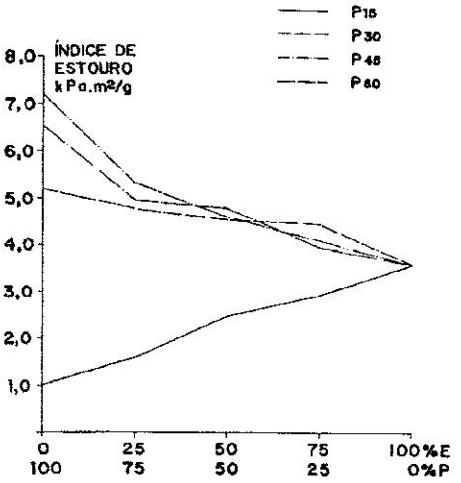
Utilizando-se pastas de pinho mais refinadas, o índice de tração da mistura diminui de 19,0% a 26,0% em relação ao índice de tração da pasta de pinho pura, com a adição de 25% a 75% de pasta de eucalipto refinada a 45°SR, respectivamente.

A variação do índice de estouro com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 45°SR à pasta celulósica de pinho é mostrada na figura 24.

A adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 45°SR à pasta celulósica de pinho sem refino contribui positivamente para o índice de estouro. Em misturas contendo 25% de fibras de eucalipto, o índice de estouro chega a ser cerca de 56,0% maior do que o da pasta celulósica de pinho sem refino; acrescentando-se 50% de eucalipto à mistura, o índice de estouro aumenta 144% e com 75% de fibras de eucalipto na mistura, o índice de estouro é cerca de 354% superior.

Quando a mistura é feita com pasta de pinho refinada a 30°SR e pasta de eucalipto refinada a 45°SR, o índice de tração da mistura decresce levemente com o aumento do teor de fibras de eucalipto, chegando a ser cerca de 14,5% mais baixo que o da pasta de pinho, quando se tem 75% de eucalipto na mistura.

FIGURA 24
ÍNDICE DE ESTOURO
PINHO COM EUCALIPTO A 45°SR

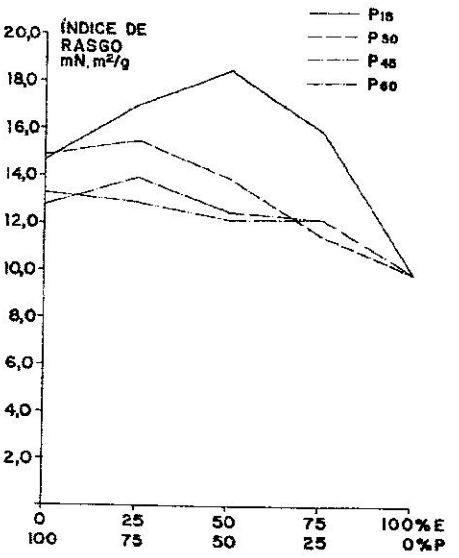


Adicionando-se a pasta de eucalipto refinada a 45°SR a pastas de pinho mais refinadas, o índice de estouro da mistura diminui com o aumento da quantidade de eucalipto. O índice de estouro da mistura pode decrescer cerca de 25,5% até 41,5% do índice de estouro da pasta de pinho pura, para uma quantidade de pasta de eucalipto variando de 25% a 75% respectivamente.

Na figura 25 é apresentada a variação do índice de rasgo com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 45°SR à pasta celulósica de pinho.

Adicionando-se a pasta de eucalipto refinada a 45°SR à pasta de pinho sem refino, o índice de rasgo da mistura aumenta com a quantidade de fibras de eucalipto, até uma adição de 50%, quando o aumento observado é da ordem de 15,5%, após isto, o índice de rasgo da mistura diminui, sendo ainda cerca de 8,0% mais elevado para uma adição de 75% de fibras de eucalipto.

FIGURA 25
ÍNDICE DE RASGO
PINHO COM EUCALIPTO A 45° SR



Quando a mistura é feita com pasta celulósica de pinho refinada e pasta celulósica de eucalipto refinada a 45°SR, o índice de rasgo da mistura praticamente não é alterado, em comparação com a pasta de pinho pura, com a quantidade de fibras de eucalipto. As variações encontradas são da ordem de ± 8,0%.

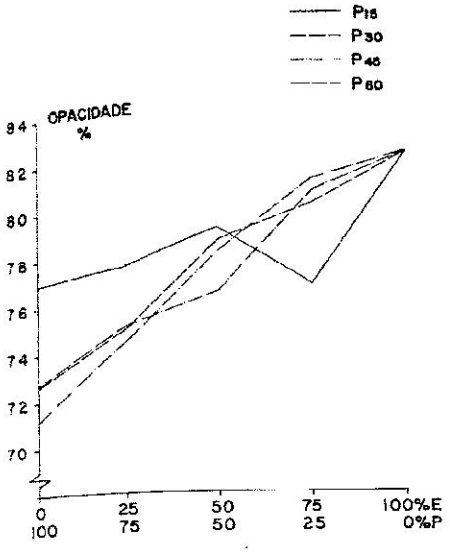
A variação da opacidade com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 45°SR à pasta celulósica de pinho é apresentada na figura 26.

A opacidade da mistura aumenta com a quantidade de fibras de eucalipto, sendo que o aumento não é muito acentuado quando a pasta de pinho utilizada é sem refino. A opacidade da mistura pode aumentar aproximadamente 12,0% em relação à opacidade da pasta de pinho refinada, quando se adiciona 75% de pasta de eucalipto refinada a 45°SR.

Tabela 6. Características físicas - Pinho com eucalipto a 60°SR

Mistura	Tempo de refinação	Grau de refinação	Volume específico aparente	Índice de tração	Índice de estouro	Índice de rasgo	Resistência a dobras duplas (Kohler Mollin)	Resistência ao ar (Gurley)	Opacidade (Elrepho)
	min	°SR	cm^3/g	N.m/g	$kPa.m^2/g$	$mN.m^2/g$		s/100 mL	%
$100P_{15}{}^{0}E_{60}$	0	15	2,46	18,7	1,02	14,7	4	2	77,0
$75P_{15}{}^{25}E_{60}$	25,75	19	2,35	28,7	1,97	25,8	15	3	78,7
$50P_{15}{}^{50}E_{60}$	51,50	28	2,14	43,2	2,84	20,2	40	9	81,4
$25P_{15}{}^{75}E_{60}$	77,25	44	1,95	54,0	3,40	14,1	59	-	82,0
$0P_{15}{}^{100}E_{60}$	103,00	59	1,79	61,8	4,09	8,24	72	62	82,3
$100P_{30}{}^{0}E_{60}$	35,00	28	1,87	70,0	5,20	14,9	971	38	72,6
$75P_{30}{}^{25}E_{60}$	52,00	38	1,90	78,7	5,02	13,7	665	52	75,3
$50P_{30}{}^{50}E_{60}$	69,00	45	1,86	63,4	4,89	13,2	381	37	77,4
$25P_{30}{}^{75}E_{60}$	86,00	57	1,81	59,0	4,52	9,90	140	56	80,2
$0P_{30}{}^{100}E_{60}$	103,00	59	1,79	61,8	4,09	8,24	72	62	82,3
$100P_{45}{}^{0}E_{60}$	45,00	41	1,82	88,3	6,55	12,8	1629	96	72,7
$75P_{45}{}^{25}E_{60}$	59,50	48	1,82	72,0	5,05	12,4	776	122	74,1
$50P_{45}{}^{50}E_{60}$	74,00	50	1,86	68,6	4,91	12,1	344	92	80,5
$25P_{45}{}^{75}E_{60}$	88,50	58	1,83	64,0	4,49	10,0	194	65	80,5
$0P_{45}{}^{100}E_{60}$	103,00	59	1,79	61,8	4,09	8,24	72	62	82,3
$100P_{60}{}^{0}E_{60}$	60,00	53	1,73	89,4	7,24	13,3	1234	148	71,2
$75P_{60}{}^{25}E_{60}$	70,75	60	1,62	71,8	5,28	12,4	934	249	75,1
$50P_{60}{}^{50}E_{60}$	81,50	60	1,71	80,6	5,13	11,5	173	47	77,2
$25P_{60}{}^{75}E_{60}$	92,25	58	1,78	77,2	4,93	9,68	195	52	79,0
$0P_{60}{}^{100}E_{60}$	103,00	59	1,79	61,8	4,09	8,24	72	62	82,3

FIGURA 26
OPACIDADE
PINHO COM EUCALIPTO A 45° SR



Quando se adiciona pasta celulósica de eucalipto refinada a 45°SR à pasta de pinho não-refinada as resistências a dobras duplas e ao ar da mistura aumentam levemente com o aumento da quantidade de fibras de eucalipto. Quando a mistura é feita com pasta de pinho refinada, as resistências a dobras duplas e ao ar diminuem rapidamente com o aumento da quantidade de fibras de eucalipto.

d. Pasta de pinho com pasta de eucalipto refinada a 60°SR

A tabela 6 apresenta as características físicas das misturas de pasta celulósica de pinho com pasta celulósica de eucalipto refinada a 60°SR.

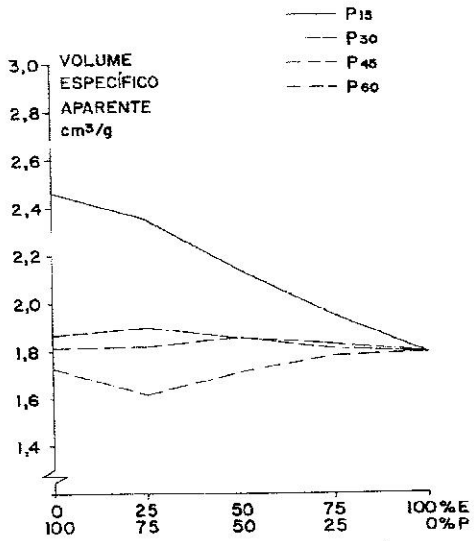
Com o aumento da quantidade de fibras de eucalipto na mistura aumenta o consumo de energia dispendido na refinação.

A variação do volume específico aparente com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 60°SR à pasta celulósica de pinho pode ser observada na figura 27.

Quando se adiciona pasta celulósica de eucalipto refinada a 60°SR à pasta de pinho não-refinada, o volume específico aparente da mistura diminui com o aumento da quantidade de fibras de eucalipto. Adicionando-se 25% de pasta de eucalipto, o volume específico aparente da mistura diminui cerca de 4,5; com 50% de eucalipto, a diminuição observada é aproximadamente 13% e com 75% de fibras de eucalipto, a queda é de 21,0% aproximadamente, em relação ao volume específico aparente da pasta celulósica de pinho pura.

Quando a mistura é feita com pasta celulósica de pinho refinada e pasta celulósica de eucalipto refinada a 60°SR, o volume específico aparente de mistura pode variar em torno de ± 30%

FIGURA 27
VOLUME ESPECÍFICO APARENTE
PINHO COM EUCALIPTO A 60° SR



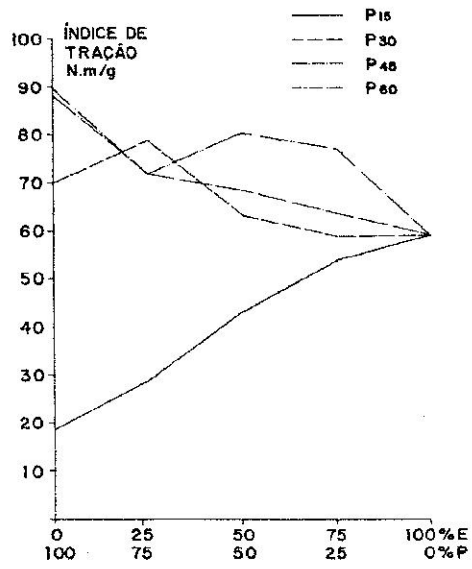
com a adição de fibras de eucalipto na massa.

A figura 28 apresenta a variação do índice de tração com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 60°SR à pasta celulósica de pinho.

Quando se adiciona pasta de eucalipto refinada a 60°SR à pasta celulósica de pinho sem refino, o índice de tração aumenta sensivelmente com o aumento da quantidade de fibras de eucalipto. Em misturas com 25% de pasta de eucalipto, o índice de tração é aproximadamente 53,5% mais elevado que o da pasta de pinho não-refinada; com 50% de eucalipto, o aumento do índice de tração é da ordem de 131% e para uma adição de 75% de eucalipto, o índice de tração da mistura aumenta cerca de 189%.

Quando se utiliza uma pasta celulósica de pinho refinada a 30°SR em mistura com 25% de pasta celulósica de eucalipto refinada a 60°SR, o índice de tração da mistura é cerca de 12,5%

FIGURA 28
ÍNDICE DE TRAÇÃO
PINHO COM EUCALIPTO A 60° SR



superior ao da pasta de pinho pura. Aumentando-se a quantidade de fibras de eucalipto, o índice de tração diminui, chegando a ser aproximadamente 16,0% mais baixo que o da pasta de pinho pura, quando se adiciona 75% de pasta de eucalipto à massa.

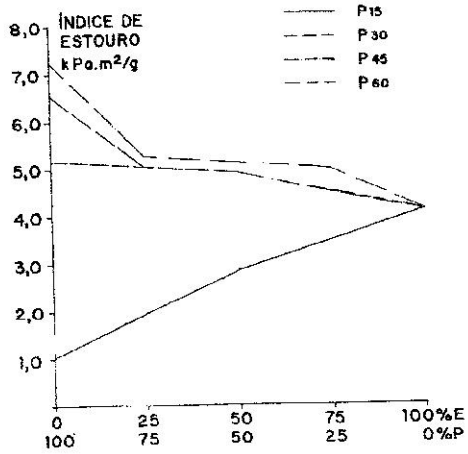
Para misturas de pasta de eucalipto refinada a 60°SR e pastas celulósicas de pinho mais refinadas, o índice de tração diminui com o aumento do teor de fibras de eucalipto na mistura, chegando a ser cerca de 20,5% mais baixo que o da pasta de pinho pura.

A variação do índice de estouro com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 60°SR à pasta de pinho é apresentada na figura 29.

Adicionando-se pasta de eucalipto refinada à pasta de pinho não-refinada, o índice de estouro da mistura aumenta à medida que aumenta a quantidade de fibras de eucalipto. Com uma adição de 25% de pasta celulósica de eucalipto, o índice de estouro da mistura aumenta cerca de 93,0% em relação ao da pasta celulósica de pinho não-refinada; adicionando-se 50%, o aumento é de aproximadamente 178%, enquanto que uma mistura com 75% de eucalipto apresenta um índice de estouro 233% mais elevado.

Quando a mistura é feita com pasta de eucalipto refinada a

FIGURA 29
ÍNDICE DE ESTOURO
PINHO COM EUCALIPTO A 60° SR



60°SR e pasta de pinho refinada a 30°SR, o índice de estouro permanece praticamente inalterado até um teor de 50% de eucalipto na mistura.

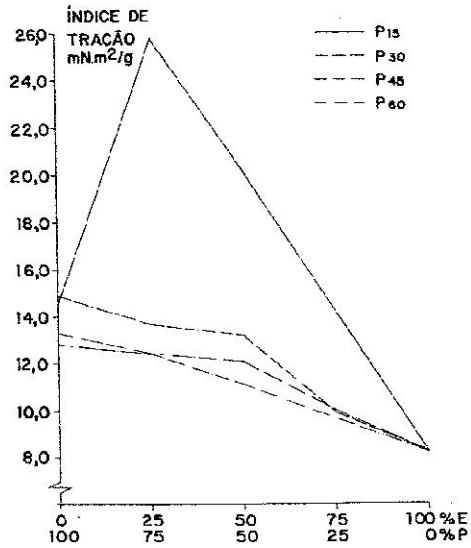
Para misturas contendo pastas celulósicas de pinho mais refinadas, o índice de estouro diminui com a quantidade de pasta de eucalipto adicionada. Quando a mistura contém 25% de fibras de eucalipto, o índice de estouro é cerca de 25% menor que o da pasta de pinho pura; com 50% de eucalipto, o índice de estouro diminui aproximadamente 27,0% e com 75%, a diminuição é da ordem de 31,5%.

Na figura 30 apresentamos a variação do índice de rasgo com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 60°SR à pasta celulósica de pinho.

Adicionando à pasta celulósica de pinho não-refinada 25% de pasta celulósica de eucalipto refinada a 60°SR observa-se um aumento de cerca de 75,5% do índice de rasgo, em relação ao da pasta de pinho pura. Com o aumento da quantidade de fibras de eucalipto presentes na mistura, o índice de rasgo diminui, porém quando o teor de eucalipto é 50%, o índice de rasgo é ainda cerca de 37,5% mais alto que o da pasta de pinho pura.

Quando a mistura é constituída de 25% de pasta de eucalipto refinada a 60°SR e 75% de pasta celulósica de pinho refinada, o índice de rasgo diminui somente

FIGURA 30
ÍNDICE DE RASGO
PINHO COM EUCALIPTO A 60° SR

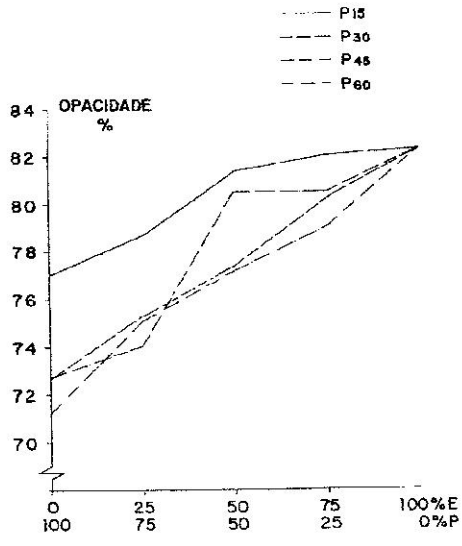


cerca de 6,0%, em relação ao índice de rasgo da pasta de pinho. Aumentando-se o teor de fibras de eucalipto na mistura até 75%, o índice de rasgo pode diminuir até aproximadamente 27,5%.

A variação da opacidade com a adição de pasta celulósica de eucalipto refinada a 60°SR à pasta celulósica de pinho é mostrada na figura 31.

A opacidade da mistura aumenta com a quantidade de fibras de eucalipto. Quando a pasta de pinho utilizada na mistura não é refinada o aumento da opacidade com o aumento da quantidade de fibras de eucalipto é mais acentuado chegando a ser 6,5% superior ao da pasta de pinho

FIGURA 31
OPACIDADE
PINHO COM EUCALIPTO A 60° SR



pura para uma mistura com 75% de eucalipto. Utilizando-se pasta de pinho refinada, o efeito é maior, sendo que para uma mistura contendo 75% de fibras de eucalipto a opacidade aumenta em cerca de 10,5%.

Em misturas com pasta celulósica de eucalipto refinada a 60°SR e pasta de pinho sem refino as resistências a dobras duplas e ao ar aumentam ligeiramente com o teor de fibras de eucalipto. Quando a mistura é feita com pasta de pinho refinada as resistências a dobras duplas e ao ar diminuem com o aumento da quantidade de eucalipto.

MÉTODO EXPERIMENTAL

No presente estudo foram utilizadas pastas celulósicas sulfato branqueadas de eucalipto e pinho produzidas industrialmente. A pasta de eucalipto é brasileira e a pe pinho finlandesa.

As pastas celulósicas de eucalipto e pinho foram refinadas separadamente em moinho de laboratório, tipo Valley, segundo a norma TAPPI T 200 ts-66.

As pastas celulósicas originais tinham um grau de refinação igual a 15°SR e foram refinadas até 30, 45 e 60°SR. O grau de refinação Schopper Riegler foi determinado conforme descrito na norma ABCP C 10/73.

As fibras das pastas celulósicas de pinho e eucalipto puras não-refinadas e refinadas foram submetidas a classificação no aparelho Bauer McNett, para se determinar o efeito da refinação sobre as fibras. A classificação de fibras foi conduzida de acordo com a norma SCAN M6.

Com as pastas puras foram preparadas folhas manuais de 60 g/m² em Formador de Folhas, tipo Rapid Köthen, marca Regmed, conforme descrito na norma Merkblatt V/8/57. (Zellcheming).

As folhas foram condicionadas e ensaiadas a 65% de umidade relativa a 20°C de temperatura. O condicionamento foi feito de acordo com a norma ABCP P 4/70.

Os ensaios físicos abaixo relacionados foram executados observando-se os métodos descritos nas seguintes normas:

Gramatura	TAPPI T 220 m-66
Espessura, volume específico aparente	TAPPI T 220 m-66
Resistência à tração	TAPPI T 220 m-66
Resistência ao estouro	TAPPI T 220 m-66
Resistência ao rasgo	TAPPI T 220 m-66
Resistência a dobras duplas (Kohler Mollin)	Merkblatt V/12/57
Resistência ao ar (Gurley)	ABCP P 11/71
Opacidade (Elrepho)	ABCP P 8/73

As pastas de eucalipto e pinho com diferentes graus de refino (15, 30, 45 e 60°SR) foram misturadas em diversas proporções (1 : 3, 1 : 1 e 3 : 1), conforme descrito anteriormente.

Para as misturas seguiu-se o procedimento utilizado para as pastas puras, no que se refere à classificação de fibras, formação de folhas e ensaios físicos.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que o moinho Valley de laboratório, disponível no Centro Técnico em Celulose e Papel, não apresenta uma área refinadora adequada para pasta celulósica de eucalipto, provocando, em demasia, o corte das fibras. Isto provoca uma diminuição dos valores das características físicas da pasta refinada de eucalipto.

Este equipamento é mais adequado para a pasta celulósica de pinho, pois durante a refinação ocorreu uma fibrilação, ao invés do corte das fibras, o que contribui para a obtenção de boas características físicas da pasta.

A utilização de uma área refinadora não adequada à refinação de uma pasta celulósica influi no consumo específico da energia de refinação. Este fato, provavelmente, deve ter contribuído para o elevado consumo de tempo na refinação da pasta celulósica de eucalipto.

As características físicas de misturas de pastas celulósicas de eucalipto e de pinho variam com o grau de refinação das pastas e com a proporção da mistura.

Quando a mistura é feita com pastas celulósicas pouco ou não-refinadas, as resistências à tração e ao estouro da mistura praticamente não se alteram com a quantidade de fibras de eucalipto, com exceção do volume específico e opacidade que aumentam com o aumento do teor de fibras de eucalipto na mistura e a resistência ao rasgo, que diminui acentuadamente com a adição de fibras de eucalipto.

Entre os fatores que influenciam nas resistências à tração e ao estouro, os de maior importância são: o número de ligações entre fibras e a resistência destas ligações. As baixas resistências à tração e ao estouro obtidas quando a mistura é feita com as pastas celulósicas de pinho e eucalipto pouco ou não-refinadas são justificadas pelo pequeno número de ligações interfibras existente na folha. À medida que as pastas são refinadas o número de ligações aumenta, aumentando as resistências à tração e ao estouro.

No caso da resistência ao rasgo, existem dois componentes atuantes: a força necessária para arrancar a fibra da estrutura da folha e a força necessária para fraturar a própria fibra. Quando a mistura é feita com pastas pouco ou não-refinadas, o número de ligações interfibras e a resistência destas são pequenos, portanto a força necessária para arrancar uma fibra da estrutura vai depender do comprimento médio desta, sendo diretamente proporcional ao comprimento. Isto explica a diminuição da resistência ao rasgo com o aumento da quantidade de pasta celulósica de eucalipto utilizada na mistura.

Quando a mistura obtida com pasta de pinho pouco ou não-refinada e pasta de eucalipto refinada, as resistências à tração e ao estouro aumentam consideravelmente com o aumento de quantidade de fibras de eucalipto, que contribuem para aumentar o número de ligações entre as fibras da estrutura da folha. Verificou que se neste caso, a resistência ao rasgo também aumenta notadamente com uma adição de até 50% de pasta de eucalipto, diminuindo com uma porcentagem mais elevada. Acrescentando-se uma certa quantidade de fibras de eucalipto refinadas à pasta de pinho não-refinada, ocorre um aumento de ligações interfibras, aumentando a resistência ao arrancamento das fibras; quando a quantidade de fibras de eucalipto passa a ser predominante na mistura, o efeito do comprimento da fibra passa a atuar no sistema. O volume específico aparente da mistura diminui com o aumento da quantidade de fibras de eucalipto refinadas, pois ocorrendo uma maior ligação entre as fibras da estrutura, esta apresenta uma menor espessura, para uma folha com a mesma gramatura. A opacidade da mistura aumenta com a quantidade de pasta de eucalipto adicionada ao sistema.

Com base nos resultados obtidos, podemos afirmar que não se deve acrescentar pasta de eucalipto pouco ou não-refinada à pasta de pinho refinada, pois as resistências à tração e ao estouro diminuem acentuadamente, sendo que a resistência ao rasgo aumenta muito pouco com o aumento da quantidade de fibras de eucalipto na mistura. O volume específico da mistura e a opacidade aumentam. As fibras de eucalipto sem refino quando adicionadas à pasta de pinho refinada vão interferir nas ligações entre fibras que potencialmente se formariam entre as fibras de pinho além de contribuirem para uma diminuição do comprimento médio das fibras do sistema.

Quando as duas pastas celulósicas são bem refinadas, a quantidade de finos presentes na mistura aumenta com a quantidade de pasta de eucalipto adicionada ao sistema, e estes finos interferem nas ligações entre fibras e contribuem para uma diminuição das resistências à tração e ao estouro. Pequenas quantidades de eucalipto não interferem na resistência ao rasgo, mas elevando-se estas quantidades, a resistência ao rasgo diminui. O volume específico aparente não sofre grandes alterações, porém a opacidade aumenta.

BIBLIOGRAFIA USADA

1. Molleda J.; Xuclá, A. — XVII EUCEPA CONFERENCE — (Viena), Paper n.° 5; 43 - 64, oct/1977
2. Colley, J. — Appita, Vol. 27, n.° 1 : 35 - 41, Jul/1973
3. Colley, J.; Davies, G.W. — Appita, Vol. 30, n.° 6 : 492 - 495, May/1977
4. Foelkel, C.E.B.; Barrichelo, L.E.G., IPEF, n.° 10 : 63 - 76, Ago/1975
5. Parsons, S.R., Tappi, Vol. 52, n.° 7 : 1262 - 1266, Jul/1969