

TMP de Pinus taeda: misturas para fabricação de papéis para imprimir e escrever, embalagens e sanitários

MFN -0405

N CHAMADA:

TITULO: TMP de Pinus taeda: misturas para fabricação de papéis para imprimir e escrever, embalagens e sanitários

AUTOR(ES): NEVES, J.M.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO: 04.2. fabricação de papel: processo e equipamentos

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual de Celulose e Papel, 22

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 20-24.11.1989

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1989, ABTCP

PAG/VOLUME: p.471-495,

FONTE: Congresso Anual de Celulose e Papel, 22, 1989, São Paulo, p.471-495

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR: papel para imprimir, papel para escrever, papel para embalagem, papel higiênico, pastas termomecânicas, Pinus taeda, pastas mecânicas, pastas químicas, formação da folha, ensaios físico-químicos

RESUMO: Preparam-se em laboratório várias misturas em cuja formulação entravam pasta termomecânica (TMP) de P. taeda, pasta mecânica de pedra (SGW) de Pinus spp e pasta química branqueada de mercado (PK) ou de fibra longa, de Pinus spp ou de fibra curta, de Eucalyptus spp. Após diferenciar as características físicas destas misturas, verificou-se sua adequação para o uso na fabricação de vários tipos de papéis: para imprimir e escrever, embalagens e capa, miolo, sacos e, finalmente, para fins sanitários

TMP de Eius taeda: MISTURAS PARA A FABRICAÇÃO DE PAPEIS PARA IMPRIMIR E ESCREVER, EMBALAGENS E SANITÁRIOS

Autor: José Mangolini Neves
IPT/CTCP - Centro Técnico em Celulose e Papel

Resumo:

Prepararam-se em em laboratório várias misturas em cuja formulação entravam pasta termomecânica (TMP) de E. taeda, pasta mecânica de pedra (SGW) de Eius spp e pasta química branqueada de mercado (PK) ou de fibra longa, de Eius spp ou de fibra curta, de Eucalyptus spp.

Após diferenciar as características físicas destas misturas, verificou-se sua adequação para o uso na fabricação de vários tipos de papéis: para imprimir e escrever, embalagens e capa, miolo, sacos e, finalmente, para fins sanitários.

1. INTRODUÇÃO

Os nossos papéis, não importando a que produto se destinam, são fabricados em sua maioria integralmente com pasta química de eucalipto.

Entretanto, a comparação entre a oferta de pasta e a demanda de papel tem feito reear uma situação futura de escassez de pasta, solicitando do Setor a necessidade de novos investimentos para a expansão da produção e a adoção de medidas que justificam uma melhor utilização das matérias-primas.

Sugeriu-se, assim, incluir pastas de alto rendimento na formulação básica de certos papéis. Torna-se, portanto, necessário verificar em quais pontos esta medida é viável e, o que é mais importante, que ela seja implementada de um modo que o produto ainda atenda as especificações de qualidade exigidas pelo mercado.

Assim, procurou-se avaliar as características mecânicas e ópticas de misturas preparadas com pastas termomecânicas de E. taeda e pastas químicas, tanto de Eius spp como de Eucalyptus spp, com ou sem pasta mecânica de Eius spp. Procurou-se, ainda, verificar a adequação dessas misturas quanto ao uso na fabricação de vários tipos de papéis, tais como: para escrever e imprimir; para embalagens em geral; para sacos; para miolo e capa; e para fins sanitários.

"Trabalho apresentado no 22º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo - SP - Brasil, de 20 a 24 de novembro de 1989".

2 METODOLOGIA

2.1 Preparação das misturas

Na preparação destas misturas, utilizando-se pasta termomecânica (TMP) produzida a partir de *E. taeda*; pastas kraft branqueadas ou não, obtidas a partir ou de *E. pinus* spp (PK-PI) ou de *Eucalyptus* spp, (PK-EU) branqueadas (BR) ou não (NB) e pasta mecânica de *E. pinus* spp (PM)

A pasta mecânica de pedra e as pastas químicas foram conseguidas junto a indústrias nacionais

A pasta termomecânica (TMP) de *E. taeda* usada nestes experimentos trazia o código TMP-137, apresentando 700ml de drenabilidade-CSF ou 14 °SR e foi produzida em planta piloto conforme o processo termomecânico, impregnando-se cavacos de *E. taeda* com vapor saturado a 121°C e desfibrando no primeiro estágio do processo, sob pressão, à temperatura de 137°C e efetuando o segundo estágio de desfibramento à pressão atmosférica, com um consumo específico total de energia de 950 kWh/t de cavaco seco

Esta pasta sofreu desfibramento complementar em desfibrador de disco, trabalhando a pressão atmosférica, conforme as drenabilidades exigidas para as misturas destinadas a cada tipo de papel estudado. Recebeu, assim, as designações de 137A, B ou C, sendo a mais desfibrada aquela seguida pela letra C. Para algumas formulações foi necessário branquear amostras destas pastas com peróxido de hidrogênio.

A fim de atingir os objetivos visados neste trabalho, dividiram-se as atividades por tipo de papel e por grupo de mistura, procurando assim evidenciar quando foi adicionada pasta química de *E. pinus* spp ou de *Eucalyptus* spp

Para estabelecer as formulações destas misturas foram coletadas informações sobre os papéis a serem estudados em termos das formulações comumente usadas em sua fabricação, de suas próprias características físicas e das pastas que comumente os compõem (3,4)

2.2 Caracterização das misturas

a) Formação de folhas

De todas as formulações estudadas foram preparadas folhas manuais em aparelho Regmed, do tipo Rapid Koethen, equipado com tela de 150 mesh. Quando destinadas a papéis para imprimir e escrever, embalagens, capa e sacos, a gramatura nominal das folhas foi de 60 g/m². Para papel miolo, as gramaturas nominais foram de 60 e 130 g/m² e para papéis sanitários, de 25 e 60 g/m²

b) Ensaios físicos e ópticos

Após condicionamento, as folhas manuais de cada grupo foram submetidas aos ensaios mecânicos e ópticos apropriados para o papel a cuja produção se destinavam as misturas. Na maior

parte das vezes foram aplicadas as normas da ABNT, sendo que os resultados obtidos por outras vias estão devidamente assinalados

3 RESULTADOS

As características mecânicas e ópticas das misturas são apresentadas nas tabelas de números 1 a 5

4 ANÁLISE E COMENTÁRIOS

4.1 Misturas para papéis para imprimir e escrever

As características físico-mecânicas e ópticas das misturas destinadas a papéis para imprimir e escrever (Grupo 2.1) foram estudadas quanto ao teor de pasta termomecânica na mistura e com a diminuição do volume específico aparente medido aqui pela variação na densidade aparente da folha. Na tabela 6 estão as equações obtidas neste estudo. Para melhor visualização, com os valores calculados pelas equações construíram-se as figuras de números 1 a 6, onde cada propriedade é expressa em função dessas duas características.

A análise conjunta da influência da adição de pastas termo-mecânicas e da densidade aparente nas características mecânicas e ópticas das misturas se fez necessária, pois é um fato (3) que somente um aumento no volume específico aparente pode contribuir tanto para o enfraquecimento da resistência da pasta como para o aumento da opacidade (coeficiente de espalhamento de luz).

Nas misturas estudadas isso ocorreu e pode ser observado nas figuras citadas. A explicação mais plausível para isto é a de que as fibras da pasta termomecânica, por serem mais rígidas, apresentam-se menos colapsadas que as de uma pasta química. Assim, a inclusão de TMP na mistura contribui para provocar uma redução na área de contato entre as fibras, o que reduz os valores das suas características mecânicas.

Para os papéis para escrever (2), as seguintes características são importantes:

- gramatura, espessura e volume específico;
- resistência ao arrebatamento, à tração, ao rasgo e às dobras duplas;
- resistência ao arrancamento e ao desprendimento de pó;
- aspereza (lisura);
- grau de colagem (Cobb test) e absorção de tinta;
- opacidade

Entretanto, não se encontraram na literatura valores típicos ou especificações para estas características. Somente Sagristá (4) apresenta alguns valores típicos:

- | | |
|---|-------|
| - Resistência ao arrebatamento (Hullen) | 16 |
| - Índice de arrebatamento (kPa m ² /g) | 1,56 |
| - Resistência ao ar, Gurley(s) | 13-20 |

Segundo a figura 4, índices de arrebatamento comparáveis ao valor apresentado por Sagristá, poderão ser obtidos com misturas contendo pasta sulfato de Eucalyptus e até cerca de 60% de pasta termomecânica.

Como se pode inferir dos dados da tabela 1, misturas contendo entre 40% e 50% de pasta termomecânica apresentam para a resistência ao ar, Gurley, valores em torno de 12 segundos, e uma mistura com 30% de pasta termomecânica apresenta valores em torno de 16 segundos. Esses valores podem ser facilmente aumentados por colagem, interna ou superficial, também necessária para controlar a receptividade de tinta pelo papel, ou seja, recebê-la sem absorvê-la de modo a atravessar a folha ou espalhá-la (5)

Adicionando-se pasta termomecânica à pasta química de eucalipto, aumenta a propriedade de opacidade, medida pelo coeficiente de espalhamento de luz (figura 6), e o volume da folha, que pode ser visto pela diminuição da densidade aparente, que são propriedades importantes para este tipo de papel.

Assim, a adição de 50% de TMP, faz baixar a alvura da pasta química de eucalipto, de 82% para um valor próximo de 70%. Há, portanto, necessidade de se encontrar o valor ótimo para a alvura deste tipo de papel, levando em conta a sua finalidade, o que resulta num compromisso entre a formulação da mistura e esta propriedade.

Têm-se formulações contendo entre 30 e 40% de pasta termomecânica que apresentam características mecânicas e ópticas aceitáveis pelo mercado de papéis para escrever. Entretanto, um cuidado especial deve ser dispensado na preparação desta pasta a fim de manter baixo o teor de estilhas, que controla a aspereza e desprendimento de pó do papel.

Entre os papéis de imprimir, os mais importantes são do tipo para revista (magazine) e o de baixa gramatura recoberto; LWC (light weight coated).

Os papéis usados na fabricação de revistas podem ser divididos em dois grupos: acabado em máquina (MF - machine finished), e o supercalandrado (SC). Deste último, o tipo mais usado é o supercalandrado para revista (SC Magazine), que é principalmente usado em produtos impressos em rotogravura. Recentemente, sua importância aumentou com a introdução no mercado do papel off-set supercalandrado para revista (SC off-set magazine paper), desenvolvido para substituir o papel LWC em muitos de seus usos.

As pastas que compõem os papéis para revista devem lhes conferir bom desempenho em máquina (runnability), significando níveis adequados de resistências ao rasgo e à tração, tanto a úmido e como a seco, e alongamento satisfatório.

Têm-se na tabela 1 os valores das características mecânicas das misturas preparadas com TMP de E. taeda, as quais apresentam menor resistência mecânica do que os papéis de mercado. Isto, deve-se, em parte, à resistência da pasta TMP de E. taeda, que é menor que as das pastas TMP de abeto, comumente utilizada nestes papéis. Exemplificando, o índice de tração para pastas TMP de abeto é da ordem de 40 N m/g (tabela 5 - Ref 2), praticamente o dobro do valor encontrado para pasta de E. taeda, 23 N m/g, sendo o índice de rasgo, 6,5 mN m²/g e 4,5 mN m²/g, respectivamente. É evidente que esta diferença

de valores afeta a resistência mecânica do papel.

Níveis aceitáveis de índice de tração para pastas de abeto, estão em torno de 40 N.m /g (tabela 5 e 6, Ref.2). Este valor pode ser obtido com misturas de pasta sulfato de *Eucalyptus* e pasta termomecânica de *E.ltaeda*, contendo até 50% desta última. Entretanto, índices de 49,0 N.m/g (5,0 km) a 53,9 N.m/g (5,5 km), apresentados por papéis de mercado (tabela 7, Ref.2), só podem ser obtidos com misturas contendo 10 a 20% de pasta termomecânica. O mesmo se pode dizer quanto ao índice de rasgo.

No caso de papéis para revista, ainda, as pastas que os compõem devem lhes conferir uma boa imprimibilidade. Para rotogravura, significando boa opacidade, superfície densa com baixa absorção de tinta e alta lisura.

Nessas misturas, a pasta TMP deverá contribuir para o aumento da opacidade (coeficiente de espalhamento de luz). Pela figura 6, observa-se que misturas contendo até 40% de pasta termomecânica, apresentam os valores para esta propriedade ainda relativamente baixos (46 a 48 m²/kg) quando comparados com valores em torno de 55 m² /kg (tabela 5, Ref.1), frequentemente encontrados em pastas utilizadas para papéis base de revestimento.

Esse baixo valor da opacidade mostra a necessidade de se adicionar pasta mecânica neste tipo de mistura, o que, provavelmente, enfraqueçê-la ainda mais.

Quanto à alvura, por exemplo, os papéis supercalandrados, fabricados em Millykosky (tabela 4, Ref.2), apresentam valores de alvura-ISO em torno de 60%. Pela figura 5, observa-se que este nível pode ser conseguido, utilizando-se somente pasta termomecânica branqueada de *E.ltaeda*.

Com relação a alongamento, resistências à tração, a seco e a úmido e ao arrancamento superficial, não se encontrou dados que permitam a comparação entre papéis de mercado e misturas. O mesmo acontece com a lisura e capacidade de absorção de tinta.

Como as fibras de pasta TMP de *E.ltaeda* são relativamente mais rígidas que as de abeto, é provável que isto ocasione uma certa perda na lisura no papel e produza pó, deficiências que devem ser evitadas na impressão offset.

Os papéis de baixa gramatura recobertos ou LWC (light weight-coated), são papéis produzidos para serem utilizados na impressão em rotogravura e offset, sendo que suas propriedades de superfície são conseguidas, em grande parte, pela aplicação e composição do recobrimento (coating).

A qualidade do papel base é de primordial importância para a qualidade final deste produto; falhas no primeiro dificilmente podem ser sanadas pelo recobrimento. A alvura e opacidade do papel LWC dependem fortemente das correspondentes propriedades das pastas usadas em sua manufatura.

O papel base para este produto deve ter um bom desempenho

- a) na máquina de papel (nível adequado de resistência à tração a úmido);
- b) no recobrimento e nas máquinas impressoras (níveis adequados de resistência à tração e ao rasgo; suficiente ligação entre as fibras para evitar que estas se destaquem da superfície durante o recobrimento e o processo de impressão)

Outras propriedades que afetam a imprimibilidade destes papéis são lisura, brilho, absorção de óleo e tinta, porosidade, densidade e formação da folha

Para papéis LWC de mercado encontram-se os seguintes valores (tabela 4, ref 2):

- índice de tração	23	a	33	N m/g
- índice de rasgo	3	a	5	mN m/g
- índice de arrebatamento	1,5	a	1,8	kPa m ² /g

As figuras 2, 3, 4 e 6 mostram que estes patamares podem ser atingidos com misturas, tendo até 50% de pasta termomecânica de *E. taeda*. Entretanto, o problema está na opacidade, que exige como comentado, a inclusão de pasta mecânica na mistura que deverá ser usada na fabricação de papéis revista

4.2 Misturas para papéis para embalagens e capa

As características físicas das misturas que se destinam a papéis de embalagens e capa (Grupos 4.1 e 4.2) foram estudadas em função do teor de pasta termomecânica na mistura e da densidade aparente, sendo apresentados nas tabelas 7 e 8, as equações obtidas e com os valores calculados para cada propriedade foram construídas as figuras de números 7 a 13

Quanto à utilização de pasta química, seja de *Eiurus* spp seja de *Eucalyptus* spp, misturada com pasta TMP de *Eiurus taeda*, pode-se ver nas figuras o que já de esperar; as misturas contendo pasta química de *Eiurus* spp (Grupo 4.1) são mais resistentes que as misturas contendo *Eucalyptus* spp (Grupo 4.2), a menos, e com pouca diferença, para o alongamento e para o trabalho estático de ruptura à tração, duas propriedades importantes em papéis para embalagens e sacos (2)

Quanto à sua adequação ao uso das misturas em formulações de papéis para embalagens leves e embrulhos, a literatura mostra que eles precisam atender às seguintes características típicas (tabela 15, Ref.2):

- Comprimento de auto-ruptura, km			3,2	a	3,8
- Índice de tração, N.m/g			31,4	a	37,3
- Resist ao arrebatamento, Mullen :			superior a		14
- Índ de arrebatamento, kPa.m ² /g :			superior a		1,37

Pelas figuras de números 7 a 13, nota-se que com o uso de 40% de TMP com pasta química seja de *Eiurus* spp seja de *Eucalyptus*, consegue-se valores de resistência superiores aos citados acima. Extrapolando os resultados, pode-se ver que, até com 55% de pasta termomecânica, tais valores são conseguidos.

No caso de embalagens pesadas, dividiu-se a análise em papel kraft comum, papel para sacos e papel capa

O papel kraft comum têm as seguintes características típicas (tabela 16, Ref 2)

- Comprimento de auto-ruptura, km		4,0	a	5,0
Índice de tração, N m/g		39,2	a	49,0
Alongamento	DM, %			1,7
	DT, %			3,5
	valor médio, %			2,9
Resist ao arrebitamento, Mullen		30	a	50
Índ de arrebitamento, kPa m ² /g		2,94	a	4,90
- Resistência ao rasgo, gf				125
Índice de rasgo, mN m ² /g				12,2
- Porosidade Gurley, s				30

Nota se, ainda, pelas figuras citadas que valores típicos de índice de tração são atingidos pelas misturas contendo pastas químicas tanto de Pinus como de Eucalyptus e até 40% de TMP. Valores típicos de índice de arrebitamento são obtidos por esta mistura quando a pasta química é de Pinus spp. Entretanto, o teor de TMP tem de ser abaixado para 30% ou menos quando a mistura contém só pasta química de Eucalyptus spp.

Valores típicos de referência para rasgo não puderam ser atingidos nem com pastas químicas puras

O valor de 30 segundos para a porosidade Gurley pode ser superado pela mistura contendo 40% de TMP e pasta química de Pinus spp. Com Eucalyptus spp, só a mistura com 10% de TMP chega perto daquele valor

Concluindo, conforme utilização deste tipo de papel, pode-se acrescentar cerca de 30% de TMP de Pinus taeda à pasta química de Pinus spp e 20% de TMP, no caso de Eucalyptus spp, e obter ainda um produto com qualidade de mercado

Quanto à utilização destas misturas na fabricação de papéis para sacos (Grupo 3 1), têm-se as seguintes características típicas (tabela 17, Ref 2)

	DM	DT
- Comprimento de auto-ruptura, km	6,5	4,1
Índice de tração, N m/g	63,7	52,0
- Alongamento, %	2,5	5,0
- Trabalho de ruptura (dinâmico)	19	28

Os valores típicos de índice de tração foram atingidos com misturas contendo 20% de TMP e pastas químicas tanto de Pinus spp como de Eucalyptus spp. Entretanto, o alongamento desejado não foi atingido nem com as pastas químicas puras

Em termos de trabalho de ruptura (dinâmico), a comparação não foi possível, pois as misturas preparadas não foram submetidas a este ensaio

Assim, pelas especificações acima e pelas características das misturas não se pode concluir que, na fabricação de papel para saco, seja conveniente adicionar TMP à pasta química tradicionalmente utilizada.

Por falta de informações, os valores típicos aqui tidos como referência (tabela 17, Ref 2) são válidos para a Europa, sendo conveniente levantar as características destes papéis no mercado brasileiro

Um uso importante dos sacos de papel é no acondicionamento de cimento. Características típicas exigidas para este tipo de papel são as seguintes (tabela 18, Ref 2)

- Comprimento de auto-ruptura, km		4,0	a	7,0
Índice de tração, N m/g		39,2	a	68,6
- Alongamento, %		2,0	a	4,8
- Trabalho estático ruptura		1,5	a	2,8
- Arrebetamento, Mullen		30	a	50
Índ de arrebetamento, kPa m ² /g		2,94	a	4,90
Resistência ao rasgo:		115	a	165
Índice de rasgo, mN m ² /g		16,1	a	23,1

Pelas figuras 7 a 13, observa-se que as misturas com 10 e com 20% de TMP e contendo pastas químicas de *Eucalyptus spp* ou de *Eucalyptus spp*, apresentam valores de índice de tração que estão na faixa superior dos valores típicos exigidos para esta propriedade. O alongamento destas misturas fica dentro da faixa dos valores apresentados, mas os índices de arrebetamento e de rasgo, assim como o trabalho estático de ruptura, não atingem os níveis exigidos.

Cabe aqui sugerir um estudo para verificar se papéis extensíveis - papéis que recebem tratamento do tipo "clupac" - podem tolerar ou não em sua formulação uma certa quantidade de pasta termomecânica.

Quanto à utilização das misturas na fabricação de papel capa, tem-se (tabela 24, Ref.2), as seguintes características típicas:

	DM	DT	Valor Médio
- Comprimento de auto-ruptura, km:	8,5	2,5	-----
Índice de tração, N.m/gd	83,3	24,5	-----
- Alongamento, %	1,5-2,8	3,5-5,6	-----
- Res. Arrebetamento (Mullen)	--	--	42-45
Índ. arrebetamento, kPa.m ² /g	--	--	4,12-4,47
- Resistência ao rasgo	110	130	-----
Índ rasgo, mN.m ² /g	8,3	9,8	-----

Nota-se nas figuras citadas, que estas características não foram atingidas pelas misturas preparadas.

4.3 Misturas para papel miolo

As características físicas das misturas para papel miolo, (Grupo 5.1) com 60 g/m² e 130 g/m², também foram estudadas quanto às suas correlações com o teor de pasta termomecânica e a com a densidade aparente. Nas tabelas 9 e 10, estão as equações obtidas e os valores obtidos por cálculos para cada propriedade estão apresentados nas figuras de números 14 a 21.

Para o papel miolo são importantes as seguintes características(2)

- 1) Rigidez - esmagamento do papelão ondulado - CMT Concora
- resistência ao esmagamento de anel - RCT
- 2) Desempenho - capacidade de suportar os esforços e em máquina deformações a que é submetido na onduladeira

A rigidez deste papel depende das seguintes características (2)

- a) do módulo de elasticidade, que por sua vez depende do tipo de matéria-prima e do processo de fabricação da pasta;
- b) da espessura (ou volume específico aparente) e
- c) da gramatura

Quando se propõe a usar fibras de pasta termomecânica, deve-se lembrar que elas são mais rígidas e menos flexíveis que as das pastas químicas. Isto contribui, para que num mesmo nível de gramatura, ao se aumentar o volume específico (redução de densidade), se consiga um aumento da espessura na folha

Um efeito concomitante a este, é que diminui a resistência mecânica da folha, pois as fibras de pastas termomecânicas apresentam um potencial muito menor de ligação tanto mecânico como químico, que o das pastas químicas (3)

Só com pasta termomecânica, para a gramatura de 130 g/m², já se conseguiu as seguintes características (tabela 4)

- densidade aparente = 0,320 g/cm³
- CMT - esmagamento do papel ondulado = 83 N
- RCT - resist. ao esmagamento de anel = 115 N
- Rigidez - Taber = 1,96 mN m

Visando as equações da tabela 10, observa-se com a inclusão de pasta química, estas características respondem muito bem, conforme mostrado a seguir.

História		Densidade aparente g/cm ³	CMT N	RCT N
TMP %	P.K.Eu %			
100	-	0,320 (Base)	84,5 (Base)	119 (Base)
80	20	0,369 (+ 15,31%)	177,8 (+110,41%)	164 (+ 37,81%)
70	30	0,388 (+ 21,25%)	221,0 (+161,54%)	197 (+ 65,54%)
60	40	0,404 (+ 26,25%)	261,8 (+209,82%)	236 (+ 98,32%)
50	50	0,417 (+ 30,31%)	300,2 (+255,27%)	282 (+136,97%)

Observa-se aqui que com 40% de pasta química de *Eucalyptus* spp., o papel miolo obtido apresenta características de rigidez, CMT e RCT, superiores aos valores mínimos considerados bons por algumas indústrias brasileiras do setor

Comparando-se com as especificações espanholas (tabela 27, Ref 2), a mistura para o papel miolo obtida com a inclusão de 40% de pasta química, na gramatura de 130 g/m², apresenta uma qualidade equivalente ao papel miolo tipo I, de primeira qualidade. Com 20% de pasta química, as características obtidas suplantam aquelas de papéis de terceira

Segundo as equações da tabela 10, para esta gramatura, tem-se para os índices de tração, rasgo e arrebatamento, o seguinte

História	I Tração		I Rasgo		I Arrebatamento	
	IHP %	P.K Eu %	σ N/m ²	mH m ² /g	kPa m ² /g	
100			10,3 (Base)	4,98 (Base)	0,92 (Base)	
80	20		30,4 (+ 66,12%)	7,05 (+ 41,57%)	1,41 (+ 53,26%)	
70	30		36,0 (+ 96,72%)	7,80 (+ 50,21%)	1,67 (+ 81,52%)	
60	40		41,4 (+126,23%)	8,57 (+ 72,09%)	1,94 (+110,87%)	
50	50		46,4 (+153,55%)	9,13 (+ 83,33%)	2,22 (+141,30%)	

Quanto ao índice de arrebatamento, a mistura contendo 30% de pasta química apresenta um índice de 1,67 kPa m²/g (índice de Mullen = 17), que não difere dos valores típicos encontrados para os papéis miolo fabricados com pastas ou matérias-primas diferentes (tabela 26, Ref 2)

Quanto ao índice de tração e alongamento, apenas com 20% de pasta química já se consegue valores, respectivamente de 30,4 N m/g e 1,5%, atendendo as especificações espanholas (tabela 27, Ref 2), ou seja, para folha de 130 g/m², um nível mínimo de índice de tração de 27,6 N m/g (5,5 kgf) e 1,5% de alongamento

4.4 Misturas para papéis sanitários

Num diagrama ternário de pastas, estão alocadas, figura 22, as misturas preparadas para a fabricação de papéis sanitários (Grupo 6.1)

Analisando somente as misturas com pasta termomecânica e pasta química, tem-se nas figuras 23 a 25, respectivamente, índices de tração, de rasgo e de arrebatamento, em função da composição das misturas. Observa-se nestas figuras uma queda da resistência com o aumento do teor de pasta termomecânica na mistura.

Tomando-se da tabela 5 os dados obtidos para a gramatura de 25 g/m² com as misturas para estes papéis os dados obtidos com massa para a fabricação de papel sanitário de mercado e da tabela 33, Ref 2, construiu-se a tabela 11. Indica-se nesta tabela as características das misturas que foram inferiores àquelas características obtidas para o papel sanitário de qualidade média.

A pasta termomecânica, devido ao maior teor de extrativos residuais, apresenta pouca velocidade de absorção de líquidos, o que é mostrado pelos resultados do ensaio de ascensão capilar, que foram inferiores ao valor apresentado pela massa destinada à fabricação do papel de qualidade média.

Em função das demais propriedades, têm-se as seguintes misturas cujas características foram superiores às do papel de qualidade média

Mistura Nº	Composição		
	(TMP-PT-BR/PK-PI-BR/	PM	PI-BR)
94	60 /	40 /	0
100	30 /	55 /	15
101	40 /	45 /	15
102	50 /	35 /	15
104	30 /	60 /	10
108	30 /	50 /	20
109	40 /	40 /	20
110	50 /	30 /	20

Pela tabela 11, vê-se que elas não se diferem muito, a menos do índice de arrebatamento. Descartando, aquelas com menores índices de arrebatamento, fica-se com as seguintes misturas

Mistura Nº	Composição		
	(TMP-PT-BR/PK-PI-BR/	PM	PI-BR)
94	60 /	40 /	0
100	30 /	55 /	15
104	30 /	60 /	10
108	30 /	50 /	20

Da tabela acima, a escolha daquela considerada como mais adequada quanto aos custos de formulação, sendo de um modo geral o uso daquelas misturas que contenham cerca de 30% de pasta termomecânica e o maior teor de pasta mecânica de mó. Esta mistura tem o número 108.

5 CONCLUSÃO

Como se procurou mostrar neste trabalho, pastas termomecânicas obtidas a partir de madeira de Pinus taeda podem ser usadas nas formulações de vários papéis, sem que isto, afete suas especificações de mercado. Entretanto, as observações aqui apresentadas são o ponto de partida, sendo que as conclusões definitivas deverão ser levantadas em ensaios de desempenho em máquina.

6 BIBLIOGRAFIA

- (1) NEVES, J. M. ; LIMA, A. F. ; ASSUMPCÃO, R. M. V. ; Características básicas de pastas de alto rendimento, conforme sua utilização; O Papel 48 (11): 93 - 103 (1987)
- (2) NEVES, J. M. ; BERGMAN, S. ; BARROTTI, S. B. ; BUGAJER, S. ; Características básicas de papéis que recebem ou podem vir a receber pastas de alto rendimento - Par - em sua formulação; O Papel 48(11): 73 - 92 (1987)

- (3) NEVES, J. M. ; HIUMI, O. Ozonização de pastas mecânicas
Uma revisão; O Papel 49 (9)-48-53(1986)
- (4) SAGRISTÁ, J. M. Ensayos físico-mecânicos del papel
Aboy (Espanha) Marfil. 1972
- (5) GIERTZ, H. Aulas ministradas, 1º Curso Panamericano
IPT/CTCP, São Paulo, 1983

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a colaboração dos colegas do CTCP/IPT, ao FIPEC do Banco do Brasil S/A; às Empresas que participaram do PROJETO PAR e à ANFPC

Tabela 1 Características físico-mecânicas e ópticas de misturas para papéis para imprimir e escrever Grupo 2.1

MISTURA	FIG.	53	54	55	56	57	TMF-01-04	PI - BR
TMF - PI - BR / PK - EU - BR		10/90	20/80	30/70	40/60	50/50	100/0	0
Gramatura nominal, g/m ²		60	60	60	60	60	60	60
Drenabilidade CSF, mL		-	-	-	-	-	-	-
Resistência à drenagem, °SR		42	42	43	44	45	60	43
Gramatura, g/m ²		58,3	58,0	58,4	59,6	59,5	59,0	60,4
Espessura, mm		0,112	0,118	0,124	0,139	0,145	0,175	0,103
Volume específico aparente, cm ³ /g		1,91	2,04	2,13	2,33	2,44	2,97	1,70
Densidade aparente, g/cm ³		0,523	0,490	0,469	0,429	0,400	0,337	0,580
Índice de tração, N.m/g (gf.m/g)		51,9 (6273)	55,5 (5658)	49,1 (5011)	46,7 (4672)	41,0 (4178)	23,0 (2342)	69,6 (7098)
Alongamento, %		4,1	4,0	3,3	2,8	2,5	1,1	4,6
Índice de rasgo, mN.m ² /g (gf.m ² /100g)		11,1 (113)	8,23 (83,3)	7,84 (80,0)	7,05 (71,9)	6,65 (67,8)	4,46 (45,5)	10,8 (111)
Índice de arrastamento, kPa.m ² /g (gf/cm ² /g/m ²)		4,02 (41,0)	3,66 (37,3)	3,21 (32,7)	2,97 (27,2)	2,21 (22,5)	1,03 (10,5)	4,20 (43,6)
ACT N (kgf)		-	-	-	-	-	-	-
lbf		-	-	-	-	-	-	-
CMT N (kgf)		-	-	-	-	-	-	-
lbf		-	-	-	-	-	-	-
Rigidez Taber, mN.m (gf.cm)		-	-	-	-	-	-	-
Alvura ISO, Elrepho, filtro 457, %		79,3	78,1	73,9	71,6	69,6	64,9	82
Opacidade Elrepho, %		81,6	83,6	84,9	86,4	87,6	89,1	-
C.E.L., SCAN, m ² /kg		42,5	48,3	46,4	47,0	48,2	50,0	-
Reversão, 4 horas, %		2,7	2,5	1,9	1,8	3,3	3,0	-
Resistência ao ar, Gurley, s/100 mL		28,6	25,3	16,9	12,2	12,3	9,0	9,0
Compressibilidade Bendtsen, %		67,0	63,9	62,4	64,3	60,9	61,6	55,7

OBS.: N.L. - não se obteve leitura no aparelho
 C.E.L. - coeficiente de espalhamento de luz
 R.C.T. - resistência ao espalhamento de luz
 C.M.T. - espessamento do papel ondulado, Concora

TMF - Pasta termomecânica
 PK - Pasta kraft
 PMS - Pasta mecânica

PI - Pinus spp
 PT - Pinus taeda
 EU - Eucaliptus spp
 BR - Branqueada
 NB - Não branqueada

Tabela 2 Características físico-mecânicas e ópticas de misturas para papéis para embalagens e cede (Grupo 4.1) e para sacos (Grupo 3.1)

MISTURA	FIG.	PK-PI	78-71	79-72	80-73	81	TMF-PI
TMF - PT - NB / PK - PI - NB		0/100	10/90	20/80	30/70	40/60	100/0
Gramatura nominal, g/m ²		60	60	60	60	60	-
Drenabilidade CSF, mL		-	-	-	-	-	130
Resistência à drenagem, °SR		30	31	37	40	41	59
Gramatura, g/m ²		57,6	59,9	58,6	60,6	59,7	67,7
Espessura, mm		0,113	0,126	0,137	0,150	0,155	0,203
Volume específico aparente, cm ³ /g		1,96	2,10	2,34	2,48	2,60	3,24
Densidade aparente, g/cm ³		0,510	0,476	0,427	0,403	0,385	0,309
Índice de tração, N.m/g (gf.m/g)		78,0 (7959)	68,0 (6931)	61,8 (6304)	62,2 (6341)	46,6 (4756)	18,8 (1923)
Alongamento, %		2,9	2,4	2,4	2,2	1,8	0,5
Índice de rasgo, mN.m ² /g (gf.m ² /100g)		10,9 (111)	11,0 (112)	10,2 (104)	10,4 (106)	10,1 (101)	3,50 (35,7)
Índice de arrastamento, kPa.m ² /g (gf/cm ² /g/m ²)		5,58 (56,9)	4,72 (48,1)	4,32 (44,7)	3,89 (39,7)	3,33 (34,0)	0,94 (9,6)
ACT N (kgf)		-	-	-	-	-	-
lbf		-	-	-	-	-	-
CMT N (kgf)		-	-	-	-	-	-
lbf		-	-	-	-	-	-
Rigidez Taber, mN.m (gf.cm)		-	-	-	-	-	-
Alvura ISO, Elrepho, filtro 457, %		-	-	-	-	-	43,1
Opacidade Elrepho, %		-	-	-	-	-	97,0
C.E.L., SCAN, m ² /kg		-	-	-	-	-	46,0
Reversão, 4 horas, %		-	-	-	-	-	-
Resistência ao ar, Gurley, s/100 mL		-	-	-	-	-	-
Trabalho estático de ruptura à tração, cm.kgf		1,308	0,980	0,871	0,829	0,502	0,053

OBS.: N.L. - não se obteve leitura no aparelho
 C.E.L. - coeficiente de espalhamento de luz
 R.C.T. - resistência ao espalhamento de luz
 C.M.T. - espessamento do papel ondulado, Concora

TMF - Pasta termomecânica
 PK - Pasta kraft
 PMS - Pasta mecânica

PI - Pinus spp
 PT - Pinus taeda
 EU - Eucaliptus spp
 BR - Branqueada
 NB - Não branqueada

Tabela 3 Características físico-mecânicas e ópticas de misturas para papéis para embalagens e capa Grupo 4.2

MISTURA		FIG.	PK EU					TMP	PI
THP	PT		NB / PK - EU - NB	0/100	10/90	20/80	30/70		
Gramatura nominal, g/m ²			60	60	60	60	60	60	60
Drenabilidade CSF, mL									30
Resistência à drenagem, °SR			43	39	39	39	42	53	
Gramatura, g/m ²			61,0	60,3	59,3	58,3	59,8	62,7	
Espessura, mm			0,116	0,130	0,139	0,146	0,158	0,203	
Volume específico aparente, cm ³ /g			1,90	2,16	2,34	2,50	2,65	3,24	
Densidade aparente, g/cm ³			0,526	0,463	0,427	0,400	0,377	0,309	
Índice de tração, N.m/g (gf.m/g)			75,4 (7694)	71,4 (7279)	61,1 (6230)	55,3 (5640)	51,2 (5218)	18,8 (1923)	
Alongamento, %			3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	0,5	
Índice de rasgo, mL.m ² /g (gf.m ² /100g)			6,38 (85,5)	8,43 (86,0)	7,88 (80,4)	7,11 (72,5)	7,19 (73,3)	3,50 (35,7)	
Índice de arrematamento, kPa.m ² /g (gf/cm ² /g.m ²)			4,15 (42,3)	3,80 (38,7)	3,26 (33,4)	2,91 (29,7)	2,61 (26,6)	0,94 (9,6)	
RCI									
N (kgf)									
lbf									
CMT									
N (kgf)									
lbf									
Rigidez (valor mL.m (gf.cm))									
Alvura ISO, Elrecho, filtro 457, %									49,2
Opacidade Elrecho, %									97,0
C.E.L. SCAN, m ² /kg									46,0
Reversão, 4 horas, %									
Resistência ao ar, Gurlev, s/100 mL			41,5	27,4	18,9	15,0	13,1		
Trabalho estático de ruptura à tração, cm.kgf			1,383	1,207	0,944	0,775	0,674	0,059	

OBS: N.L. - não se obteve leitura no aparelho
 C.E.L. - coeficiente de espalhamento de luz
 R.C.I. - resistência ao estacamento de anel
 C.M.T. - estacamento do papel endulado, Concors

THP - Pasta termomecânica
 PK - Pasta Kraft
 PNB - Pasta mecânica

PI - Pinus ECP
 PT - Pinus ECPa
 EU - Eucaliptus spp
 SR - Branqueada
 NB - Não branqueada

Tabela 4 Características físico-mecânicas e ópticas de misturas para papel misto (Grupo 5.1)

MISTURA		FIG.	63		64		65		66		TMP-PI	
THP	PT		NB / PK - EU - NB	60/20	70/30	60/40	50/50	100/0	60	130	60	130
Gramatura nominal, g/m ²			60	130	60	130	60	130	60	130	60	130
Drenabilidade CSF, mL											361	361
Resistência à drenagem, °SR			40	41	38	39	38	37	36	37	30	30
Gramatura, g/m ²			59,1	129	57	132	59,3	129	56,9	132	41,9	130
Espessura, mm			0,202	0,348	0,190	0,342	0,186	0,317	0,178	0,317	0,223	0,406
Volume específico aparente, cm ³ /g		40	3,42	2,70	3,33	2,59	3,14	2,47	3,02	2,40	3,60	3,12
Densidade aparente, g/cm ³		41	0,292	0,370	0,300	0,386	0,318	0,405	0,331	0,417	0,278	0,320
Índice de tração, N.m/g (gf.m/g)		42	24,2(2470)	32,2(3284)	31,3(3191)	35,6(3634)	37,2(3790)	39,3(4011)	43,9(4479)	47,6(4850)	14,8(1509)	17,8(1817)
Alongamento, %		43	1,4	1,5	1,5	1,6	2,0	1,9	2,2	2,0	0,5	1,2
Índice de rasgo, mL.m ² /g (gf.m ² /100g)		44	5,74(58,5)	6,77(69,0)	5,50(56,1)	7,70(78,5)	6,67(68,0)	9,25(94,3)	7,14(72,8)	8,80(89,7)	3,55(36,2)	5,08(51,8)
Índice de arrematamento, kPa.m ² /g (gf/cm ² /g.m ²)		45	1,36(13,9)	1,42(14,5)	1,34(13,7)	1,67(17,0)	2,00(20,4)	1,93(19,7)	2,29(23,4)	2,23(22,7)	0,76(7,75)	0,92(9,43)
RCI		46										
N (kgf)			-	176 (18,0)	-	201 (20,5)	-	212 (21,6)	-	294 (30,0)	-	115 (11,7)
lbf			-	39,6	-	45,18	-	47,6	-	66,1	-	25,8
CMT			-	176 (18,2)	-	232 (23,7)	-	245 (25,0)	-	307 (31,3)	-	83,4 (8,5)
lbf			-	40,0	-	52,1	-	55,1	-	69,0	-	18,7
Rigidez (valor mL.m (gf.cm))			-	2,12(21,4)	-	2,19(22,3)	-	2,24(22,8)	-	2,16(22,0)	-	1,96(20,0)
Alvura ISO, Elrecho, filtro 457, %											48,0	
Opacidade Elrecho, %											95,0	
C.E.L. SCAN, m ² /kg											39,0	
Reversão, 4 horas, %												
Resistência ao ar, Gurlev, s/100 mL												
Trabalho estático de ruptura à tração, cm.kgf			0,201	0,624	0,268	0,754	0,442	0,966	0,570	1,258	0,049	0,278

OBS: N.L. - não se obteve leitura no aparelho
 C.E.L. - coeficiente de espalhamento de luz
 R.C.I. - resistência ao estacamento de anel
 C.M.T. - estacamento do papel endulado, Concors

THP - Pasta termomecânica
 PK - Pasta Kraft
 PNB - Pasta mecânica
 N = 0,2248 = lbf

PI - Pinus spp
 PT - Pinus taeda
 EU - Eucaliptus spp
 SR - Branqueada
 NB - Não branqueada

Tabela 5 A Características físico-mecânicas de misturas para papéis para fins sanitários - Grupo 6.1

MISTURA	FIG.	94		95		96		100	
		60/40/0		70/30/0		80/20/0		10/55/35	
TMP-PI-BR / PK-EU-BR / PPIG-PI-		60	25	60	25	60	25	60	25
Gramatura nominal, g/m ²		60	25	60	25	60	25	60	25
Drenabilidade CSF, mL		-	-	-	-	-	-	200	200
Resistência à drenagem, %SR		54	52	59	54	67	62	44	44
Gramatura, g/m ²		58,6	24,8	59,0	24,7	59,8	25,9	61,5	24,5
Espessura, mm		0,146	0,080	0,154	0,080	0,158	0,086	0,161	0,072
Volume específico aparente, cm ³ /g		2,49	3,72	2,61	3,24	2,67	3,32	2,29	2,92
Densidade aparente, g/cm ³		0,402	0,310	0,383	0,309	0,374	0,301	0,437	0,342
Índice de tração, N.m/g (gf.m/g)		45,6 (4655)	31,7 (3233)	39,1 (3985)	28,4 (2898)	35,8 (3648)	20,0 (2036)	34,9 (3557)	32,8 (3348)
Alongamento, %		1,9	N.L.	1,4	N.L.	1,0	N.L.	2,6	N.L.
Índice de rasgo, mN.m ² /g (gf.m ² /100g)		6,70 (68,3)	5,80 (59,2)	6,22 (63,4)	4,83 (49,3)	4,89 (49,9)	3,88 (39,6)	6,13 (62,5)	5,87 (59,9)
Índice de arrebentamento, kPa.m ² /g (gf/cm ² /g.m ²)		2,37 (24,2)	2,24 (22,9)	1,98 (20,2)	1,86 (19,0)	1,76 (18,0)	1,36 (22,8)	2,24 (22,8)	2,00 (20,4)
RCT N (kgf)		-	-	-	-	-	-	-	-
lbf		-	-	-	-	-	-	-	-
DMT N (kgf)		-	-	-	-	-	-	-	-
lbf		-	-	-	-	-	-	-	-
Rigidez Taber, mN.m (gf.cm)		-	-	-	-	-	-	-	-
Alvura ISO, Elrepho, filtro 457, %		-	-	-	-	-	-	67,0	-
Opacidade Elrepho, %		-	-	-	-	-	-	91,6	-
C.E.L., SCAN, m ² /kg		-	-	-	-	-	-	50,7	-
Índice de tração a umido, N.m/g (gf.m/g)		N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	1,29 (132)	-
Ascensão capilar, mm		62,5	67,8	65,7	74,8	63,0	73,0	47,5	-
pH do extrato aquoso		6,4	-	6,6	-	6,5	-	-	-
Mactez Gurley, seg/50 mL		13,4	17,1	13,6	15,8	15,2	16,0	20,0	8,4

OBS.: N.L. - não se obteve leitura no aparelho
 C.E.L. - coeficiente de espalhamento de luz
 R.C.T. - resistência ao esmagamento do papel
 C.M.T. - esmagamento do papel ondulado, Concara

IMP - Pasta termomecânica
 PK - Pasta kraft
 PPIG - Pasta mecânica

PI - Pinus spp
 P1 - Pinus taeda
 EU - Eucalyptus spp
 BR - Branqueada
 NB - Não branqueada

Tabela 5 B Características físico-mecânicas e ópticas de misturas para papéis para fins sanitários - Grupo 6.1

MISTURA	FIG.	101		102		103		104	
		40/45/15		50/35/15		60/25/15		30/60/10	
TMP-PI-BR / PK-EU-BR / PPIG - PI		60	25	60	25	60	25	60	25
Gramatura nominal, g/m ²		60	25	60	25	60	25	60	25
Drenabilidade CSF, mL		152	152	118	118	107	107	-	-
Resistência à drenagem, %SR		52	52	53	53	62	62	47	47
Gramatura, g/m ²		40,4	24,2	40,5	23,2	47,1	24,8	59,8	23,8
Espessura, mm		0,139	0,060	0,131	0,061	0,170	0,077	0,130	0,042
Volume específico aparente, cm ³ /g		2,14	2,48	2,16	2,63	2,54	3,10	2,16	2,60
Densidade aparente, g/cm ³		0,467	0,403	0,463	0,380	0,394	0,322	0,463	0,385
Índice de tração, N.m/g (gf.m/g)		36,3 (3758)	26,3 (2684)	31,9 (3257)	26,0 (2648)	30,1 (3068)	23,0 (2349)	45,8 (4671)	33,8 (3447)
Alongamento, %		2,3	1,5	1,9	1,4	1,2	1,0	2,3	1,5
Índice de rasgo, mN.m ² /g (gf.m ² /100g)		6,07 (61,9)	6,13 (62,5)	5,39 (55,0)	5,42 (55,3)	5,33 (54,4)	3,28 (33,4)	6,77 (69,0)	5,78 (59,0)
Índice de arrebentamento, kPa.m ² /g (gf/cm ² /g.m ²)		1,78 (18,2)	1,62 (16,5)	1,57 (16,0)	1,26 (12,9)	1,46 (14,9)	1,19 (12,1)	2,46 (25,1)	2,05 (20,9)
RCT N (kgf)		-	-	-	-	-	-	-	-
lbf		-	-	-	-	-	-	-	-
DMT N (kgf)		-	-	-	-	-	-	-	-
lbf		-	-	-	-	-	-	-	-
Rigidez Taber, mN.m (gf.cm)		-	-	-	-	-	-	-	-
Alvura ISO, Elrepho, Filtro 457, %		64,3	-	64,6	-	64,5	-	68,0	-
Opacidade Elrepho, %		92,2	-	92,8	-	98,6	-	98,0	-
C.E.L., SCAN, m ² /kg		-	-	51,8	-	-	-	-	-
Índice de tração a umido, N.m/g (gf.m/g)		-	-	1,32 (135)	N.L.	0,79 (80,9)	N.L.	0,89 (90,0)	N.L.
Ascensão capilar, mm		-	-	49,0	65,0	52,6	62,5	52,1	54,2
pH do extrato aquoso		-	-	-	-	-	-	-	-
Mactez Gurley, seg / 50 mL		21,2	19,0	19,2	18,2	18,4	19,7	18,4	19,1

OBS.: N.L. - não se obteve leitura no aparelho
 C.E.L. - coeficiente de espalhamento de luz
 R.C.T. - resistência ao esmagamento do papel
 C.M.T. - esmagamento do papel ondulado, Concara

IMP - Pasta termomecânica
 PK - Pasta kraft
 PPIG - Pasta mecânica

PI - Pinus spp
 P1 - Pinus taeda
 EU - Eucalyptus spp
 BR - Branqueada
 NB - Não branqueada

Tabela 5 C Características físico-mecânicas e ópticas de misturas para papéis para fins sanitários - Grupo 5.1

MISTURA	FIG.	105		106		107		108	
		40/50/10		50/40/10		60/30/10		30/50/20	
Gramatura nominal, g/m ²		60	25	60	25	60	25	60	25
Drenabilidade CSF, mL		106	106	142	142	114	114	167	167
Resistência à drenagem, °SR		49	49	53	53	62	62	48	48
Gramatura, g/m ²		59,6	24,3	60,4	24,6	62,0	24,4	59,8	23,9
Espessura, mm		0,135	0,070	0,142	0,072	0,155	0,070	0,134	0,067
Volume específico aparente, cm ³ /g		2,22	2,88	2,34	2,90	2,50	3,22	2,33	2,79
Densidade aparente, g/cm ³		0,450	0,350	0,427	0,345	0,400	0,310	0,446	0,358
Índice de tração, N.m/g (gf.m/g)		41,1 (419)	30,3 (308)	31,3 (319)	21,6 (219)	20,5 (205)	22,4 (228)	42,6 (439)	32,4 (330)
Alongamento, %		2,1	1,1	2,2	1,7	1,8	N.L.	1,8	1,3
Índice de rasgo, mN.m ² /g (gf.m ² /100g)		6,27 (63,9)	3,76 (48,5)	6,07 (61,9)	4,06 (41,4)	5,78 (58,9)	3,86 (39,4)	7,14 (72,8)	5,78 (58,9)
Índice de arrastamento, kPa.m ² /g (gf/cm ² /g.m ²)		2,34 (21,8)	1,61 (16,4)	1,78 (18,2)	1,59 (16,2)	1,65 (16,8)	1,21 (12,3)	1,97 (20,1)	1,05 (10,9)
RCT N (kgf)		-	-	-	-	-	-	-	-
ibf		-	-	-	-	-	-	-	-
CIT N (kgf)		-	-	-	-	-	-	-	-
ibf		-	-	-	-	-	-	-	-
Rigidez Faber, mN.m (gf.cm)		-	-	-	-	-	-	-	-
Alvura ISO, Elrepro, filtro 457, %		67,3	-	65,6	-	65,0	-	63,9	-
Oscidade Elrepro, %		98,2	-	98,5	-	91,6	-	98,9	-
C.E.L., SCAN, m ² /kg		-	-	-	51,3	-	-	-	-
Índice de tração a úmido, N.m/g (gf.m/g)		1,04 (106)	N.L.	0,93 (95,2)	N.L.	0,78 (79,1)	N.L.	1,35 (139)	N.L.
Ascensão capilar, mm		59,0	70,0	53,0	61,0	53,0	-	46,2	64,9
pH do extrato aquoso		-	-	-	-	-	-	-	-
Maciez Gurley, s/ 50 mL		20,5	21,0	22,1	18,1	13,6	16,5	22,0	21,8

OBS.: N.L. - não se obtve leitura no aparelho
 C.E.L. - coeficiente de espalhamento de luz
 R.C.T. - resistência ao esmagamento de anel
 C.M.T. - esmagamento do papel endulado, Concora

TMP - Pasta termomecânica
 PK - Pasta kraft
 PMS - Pasta mecânica

PI - Pinus spp
 PF - Pinus taeda
 EU - Eucaliptus spp
 BR - Branqueada
 NB - Não branqueada

Tabela 5 D Características físico-mecânicas e ópticas de misturas para papéis para fins sanitários - Grupo 6.1

MISTURA	FIG.	109		110		111	
		40/40/20		50/30/20		50/20/30	
Gramatura nominal, g/m ²		60	25	60	25	60	25
Drenabilidade CSF, mL		195	195	165	165	147	147
Resistência à drenagem, °SR		46	46	50	50	57	57
Gramatura, g/m ²		59,2	23,6	60,6	24,1	58,7	23,0
Espessura, mm		0,130	0,067	0,144	0,062	0,147	0,074
Volume específico aparente, cm ³ /g		2,21	2,84	2,38	2,78	2,50	3,22
Densidade aparente, g/cm ³		0,452	0,352	0,420	0,360	0,400	0,310
Índice de tração, N.m/g (gf.m/g)		38,8 (331)	24,6 (250)	29,4 (299)	22,7 (231)	27,8 (281)	16,7 (170)
Alongamento, %		1,8	1,2	1,8	1,4	1,7	1,0
Índice de rasgo, mN.m ² /g (gf.m ² /100g)		5,93 (60,5)	8,07 (81,7)	6,10 (62,2)	4,78 (48,8)	5,08 (51,7)	4,23 (43,1)
Índice de arrastamento, kPa.m ² /g (gf/cm ² /g.m ²)		1,99 (20,3)	1,66 (16,9)	1,78 (18,1)	1,22 (12,4)	1,33 (13,6)	0,85 (8,6)
RCT N (kgf)		-	-	-	-	-	-
ibf		-	-	-	-	-	-
CIT N (kgf)		-	-	-	-	-	-
ibf		-	-	-	-	-	-
Rigidez Taber, mN.m (gf.cm)		-	-	-	-	-	-
Alvura ISO, Elrepro, filtro 457, %		65,7	-	65,2	-	64,5	-
Oscidade Elrepro, %		91,4	-	92,5	-	92,0	-
C.E.L., SCAN, m ² /kg		52,8	-	53,8	-	53,4	-
Índice de tração a úmido, N.m/g (gf.m/g)		1,44 (146)	N.L.	1,56 (159)	N.L.	1,17 (119)	N.L.
Ascensão capilar, mm		55,0	81,0	57,0	61,0	55,0	59,0
pH do extrato aquoso		-	-	-	-	-	-
Maciez Gurley, s/ 50 mL		16,9	18,5	19,1	18,3	18,3	16,0

OBS.: N.L. - não se obtve leitura no aparelho
 C.E.L. - coeficiente de espalhamento de luz
 R.C.T. - resistência ao esmagamento de anel
 C.M.T. - esmagamento do papel endulado, Concora

TMP - Pasta termomecânica
 PK - Pasta kraft
 PMS - Pasta mecânica

PI - Pinus spp
 PF - Pinus taeda
 EU - Eucaliptus spp
 BR - Branqueada
 NB - Não branqueada

TABELA 6 : Equações obtidas a partir das características físico-mecânicas e ópticas das misturas destinadas à fabricação de papéis para imprimir e escrever, em função do teor de pasta termomecânica e da densidade aparente da folha.

Densidade aparente (DA) = $f(x \neq TMP)$	$5,6541 \cdot 10^{-1}$	$-3,1324 \cdot 10^{-3} \cdot X$	$+9,1084 \cdot 10^{-9} \cdot X^2$	$R_1 = 0,9424$
Índice de tração (IT) = $f(x \neq TMP)$	$6,8619 \cdot 10^2$	$-6,6848 \cdot 10^{-1} \cdot X$	$+2,141 \cdot 10^{-3} \cdot X^2$	$R_2 = 0,9978$
Índice de tração (IT) = $f(y=DA)$	$-5,0030 \cdot 10^1$	$2,4021 \cdot 10^{-3} \cdot Y$	$-6,2180 \cdot 10^{-7} \cdot Y^2$	$R_3 = 0,9466$
Índice de rasgo (IR) = $f(x \neq TMP)$	$1,1199 \cdot 10^1$	$-1,2474 \cdot 10^{-1} \cdot X$	$+5,7550 \cdot 10^{-4} \cdot X^2$	$R_4 = 0,9700$
Índice de rasgo (IR) = $f(y=DA)$	$-2,6537$	$1,7250 \cdot 10^{-1} \cdot Y$	$+1,0891 \cdot 10^{-5} \cdot Y^2$	$R_5 = 0,9103$
Índice de arrebentamento (IA) = $f(x \neq TMP)$	$4,4201$	$-4,7976 \cdot 10^{-2} \cdot X$	$+1,3764 \cdot 10^{-1} \cdot X^2$	$R_6 = 0,9946$
Índice de arrebentamento (IA) = $f(y=DA)$	$-2,5172 \cdot 10^{-1}$	$-3,6173 \cdot 10^{-2} \cdot Y$	$+1,4135 \cdot 10^{-1} \cdot Y^2$	$R_7 = 0,9504$
Alvura ISO (AI) = $f(x \neq TMP)$	$8,2207 \cdot 10^1$	$-3,2740 \cdot 10^{-1} \cdot X$	$+1,5420 \cdot 10^{-1} \cdot X^2$	$R_8 = 0,9997$
Alvura ISO (AI) = $f(y=DA)$	$5,3119 \cdot 10^1$	$+1,5158 \cdot 10^{-1} \cdot Y$	$+5,935 \cdot 10^{-1} \cdot Y^2$	$R_9 = 0,9307$
Coefficiente de espalhamento de luz (CEL) = $f(x \neq TMP)$	$4,0652 \cdot 10^1$	$-2,2463 \cdot 10^{-1} \cdot X$	$-1,3238 \cdot 10^{-3} \cdot X^2$	$R_{10} = 0,9834$
Coefficiente de espalhamento de luz (CEL) = $f(y=DA)$	$3,6997 \cdot 10^1$	$-8,2527 \cdot 10^{-1} \cdot Y$	$-1,3217 \cdot 10^{-2} \cdot Y^2$	$R_{11} = 0,9552$
				$R_{10,11} =$

OBSERVAÇÃO: R_i = coeficiente de correlação
 R_{ij} = coeficiente de correlação parcial de i, quando j é constante

TABELA 7 : Equações obtidas a partir das características físico-mecânicas das misturas de pastas termomecânicas com pasta kraft de Pinus spp, destinadas à fabricação de papéis para sacos (Grupo 3.1), embalagens e caça (Grupo 4.1), em função do teor de pasta termomecânica e da densidade aparente da folha.

Densidade aparente (DA) = $f(x \neq TMP)$	$5,0963 \cdot 10^{-1}$	$-4,1079 \cdot 10^{-3} \cdot X$	$+2,1060 \cdot 10^{-5} \cdot X^2$	$R_1 = 0,9970$
Índice de tração (IT) = $f(x \neq TMP)$	$7,7195 \cdot 10^2$	$-7,3878 \cdot 10^{-1} \cdot X$	$+1,5375 \cdot 10^{-3} \cdot X^2$	$R_2 = 0,9880$
Índice de tração (IT) = $f(y=DA)$	$-2,3201 \cdot 10^2$	$+1,1235 \cdot 10^{-3} \cdot Y$	$-1,0263 \cdot 10^{-7} \cdot Y^2$	$R_3 = 0,9827$
Alongamento (AL) = $f(x \neq TMP)$	$2,8221$	$-2,4479 \cdot 10^{-2} \cdot X$	$+1,2556 \cdot 10^{-5} \cdot X^2$	$R_4 = 0,9919$
Alongamento (AL) = $f(y=DA)$	$-1,0842 \cdot 10$	$+5,2316 \cdot 10^{-1} \cdot Y$	$-5,0279 \cdot 10^{-1} \cdot Y^2$	$R_5 = 0,9833$
Índice de rasgo (IR) = $f(x \neq TMP)$	$1,0826 \cdot 10$	$+9,1251 \cdot 10^{-3} \cdot X$	$-8,2169 \cdot 10^{-4} \cdot X^2$	$R_6 = 0,9962$
Índice de rasgo (IR) = $f(y=DA)$	$-5,8127 \cdot 10$	$+3,0050 \cdot 10^{-2} \cdot Y$	$-3,2497 \cdot 10^{-7} \cdot Y^2$	$R_7 = 0,9845$
Índice de arrebentamento (IA) = $f(x \neq TMP)$	$5,4708$	$-5,9465 \cdot 10^{-2} \cdot X$	$+1,4218 \cdot 10^{-4} \cdot X^2$	$R_8 = 0,9981$
Índice de arrebentamento (IA) = $f(y=DA)$	$-1,6992 \cdot 10$	$+8,0077 \cdot 10^{-1} \cdot Y$	$-7,0932 \cdot 10^{-1} \cdot Y^2$	$R_9 = 0,9934$
Trabalho estático de ruptura à tração (TE) = $f(x \neq TMP)$	$1,2674$	$-2,1195 \cdot 10^{-2} \cdot X$	$+9,1006 \cdot 10^{-5} \cdot X^2$	$F_{10} = 0,9857$
Trabalho estático de ruptura à tração (TE) = $f(y=DA)$	$-3,1241$	$+1,2967 \cdot 10^{-1} \cdot Y$	$-8,6060 \cdot 10^{-2} \cdot Y^2$	$F_{11} = 0,9771$
				$F_{10,11} =$

OBSERVAÇÃO: R_i = coeficiente de correlação
 R_{ij} = coeficiente de correlação parcial de i, quando j é constante

TABELA 8 - Equações obtidas por regressão das características físico-mecânicas das misturas de pastas termomecânicas com pasta kraft de Eucalyptus spp. destinadas à fabricação de papéis para embalagem e caia Grupo 4, em função do teor de fibra de madeira (X) e da umidade (Y) da folha

Densidade aparente (DA) = $f(x \neq Y, THP)$	DA (g/cm ³) =	5,730 - 0,146 X + 0,000 Y	R = 0,9854
Índice de tração (IT) = $f(x \neq Y, THP)$	IT (N.m/g) =	7,6050 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9976
Índice de tração (IT) = $f(y=0A)$	IT (N.m/g) =	-2,4904 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9956
Alongamento (AL) = $f(x \neq Y, THP)$	AL (%) =	2,9868 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9999
Alongamento (AL) = $f(y=0A)$	AL (%) =	-1,4248 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9992
Índice de rasgo (IR) = $f(x \neq Y, THP)$	IR (mN.m ² /g) =	8,4985 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9935
Índice de rasgo (IR) = $f(y=0A)$	IR (mN.m ² /g) =	-2,8515 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9889
Índice de arrematamento (IA) = $f(x \neq Y, THP)$	IA (kPa.m ² /g) =	4,1707 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9993
Índice de arrematamento (IA) = $f(y=0A)$	IA (kPa.m ² /g) =	-1,2724 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9999
Trabalho estático de ruptura à tração (TE)	TE (cm.kgf) =	1,2872 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9981
(TE) = $f(x \neq Y, THP)$	TE (cm.kgf) =	-4,4929 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9977
(TE) = $f(y=0A)$			R = 0,9977

OBSERVAÇÃO: R_i = coeficiente de correlação
 R_{ij} = coeficiente de correlação parcial de i, quando j é constante.

TABELA 9 - Equações obtidas a partir das características físico-mecânicas das misturas de pastas termomecânicas com pasta kraft de Eucalyptus spp. destinadas à fabricação de papéis mofo (Grupo 5.1), em função do teor de pasta termomecânica (X) e da densidade aparente da folha com grama (Y) de 60 g/m²

Densidade aparente (DA) = $f(x \neq Y, THP)$	DA (g/cm ³) =	4,5324 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9966
Índice de tração (IT) = $f(x \neq Y, THP)$	IT (N.m/g) =	8,6675 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9997
Índice de tração (IT) = $f(x = 0A)$	IT (N.m/g) =	-5,3372 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9947
Alongamento (AL) = $f(x \neq Y, THP)$	AL (%) =	2,0759 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9995
Alongamento (AL) = $f(x = 0A)$	AL (%) =	-5,6113 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9915
Índice de rasgo (IR) = $f(x \neq Y, THP)$	IR (mN.m ² /g) =	8,325 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9701
Índice de rasgo (IR) = $f(x = 0A)$	IR (mN.m ² /g) =	-1,1356 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9663
Índice de arrematamento (IA) = $f(x \neq Y, THP)$	IA (kPa.m ² /g) =	5,1470 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9781
Índice de arrematamento (IA) = $f(x = 0A)$	IA (kPa.m ² /g) =	-1,4516 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9578
Trabalho estático de ruptura à tração (TE)	TE (cm.kgf) =	1,6583 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9585
(TE) = $f(x \neq Y, THP)$	TE (cm.kgf) =	-3,4249 - 0,000 X + 0,000 Y	R = 0,9561
(TE) = $f(x = 0A)$			R = 0,9561

OBSERVAÇÃO: R_i = coeficiente de correlação
 R_{ij} = coeficiente de correlação parcial de i, quando j é constante

TABELA 10 : Equações obtidas a partir das características físico-mecânicas e ópticas das misturas de pastas termomecânicas com pasta kraft de Eucaliptus spp, destinadas à fabricação de papel miolo (Grupo 5.1), em função do teor de pasta termomecânica e da densidade aparente da folha com gramatura de 130 g/m².

Densidade aparente (DA) = f(x, TMP)	DA (g/cm ³) =	$3,354 \cdot 10^{-1}$	$+4,7420 \cdot 10^{-4} \cdot X$	$-1,6375 \cdot 10^{-5} \cdot X^2$	R ₁ = 0,9994
Índice de tração (IT) = f(x, TMP)	IT (N.m/g) =	6,7397.10	$-3,4829 \cdot 10^{-1} \cdot X$	$-1,4271 \cdot 10^{-3} \cdot X^2$	R ₂ = 0,9302
Índice de tração (IT) = f(x, DA)	IT (N.m/g) =	7,5157	$-1,6297 \cdot 10^{-1} \cdot Y$	$+6,1103 \cdot 10^{-3} \cdot Y^2$	R ₃ = 0,9326 R _{2,3} = 0,9297
Alongamento (AL) = f(x, TMP)	AL (%) =	3,1755	$-2,3253 \cdot 10^{-2} \cdot X$	$+6,48012 \cdot 10^{-5} \cdot X^2$	R ₄ = 0,9900
Alongamento (AL) = f(x, DA)	AL (%) =	5,2723	$-3,4494 \cdot 10^{-2} \cdot Y$	$+5,8243 \cdot 10^{-4} \cdot Y^2$	R ₅ = 0,9954 R _{4,5} = 0,9900
Índice de rasgo (IR) = f(x, TMP)	IR (mH.m ² /g) =	9,8727	$-1,9122 \cdot 10^{-2} \cdot X$	$-6,8955 \cdot 10^{-4} \cdot X^2$	R ₆ = 0,9548
Índice de rasgo (IR) = f(x, DA)	IR (mH.m ² /g) =	4,7738.10 ⁻¹	$-7,9125 \cdot 10^{-2} \cdot Y$	$-6,9169 \cdot 10^{-3} \cdot Y^2$	R ₇ = 0,9714 R _{6,7} = 0,9548
Índice de arredondamento (IA) = f(x, TMP)	IA (kPa.m ² /g) =	3,2908	$-3,4013 \cdot 10^{-2} \cdot X$	$-5,3314 \cdot 10^{-5} \cdot X^2$	R ₈ = 0,9393
Índice de arredondamento (IA) = f(x, DA)	IA (kPa.m ² /g) =	6,1138	$-3,8829 \cdot 10^{-2} \cdot Y$	$+7,0634 \cdot 10^{-4} \cdot Y^2$	R ₉ = 0,9925 R _{8,9} = 0,9393
Trabalho estático de ruptura à tração (TE)	TE (cm.kgf) =	2,2870	$-3,9917 \cdot 10^{-2} \cdot X$	$+1,3923 \cdot 10^{-4} \cdot X^2$	R ₁₀ = 0,9970
(TE) = f(x, TMP)	TE (cm.kgf) =	7,2243	$-4,5709 \cdot 10^{-2} \cdot Y$	$+7,5067 \cdot 10^{-4} \cdot Y^2$	R ₁₁ = 0,9939 R _{10,11} = 0,9970
Resistência ao esmagamento por anel (RCT)	RCT (N) =	$6,1180 \cdot 10^2$	$-8,2634 \cdot 10^3 \cdot X$	$+3,3350 \cdot 10^1 \cdot X^2$	R ₁₂ = 0,9729
(RCT) = f(x, TMP)	RCT (N) =	$1,4201 \cdot 10^2$	$-8,4482 \cdot 10^3 \cdot Y$	$+1,3676 \cdot 10^1 \cdot Y^2$	R ₁₃ = 0,9589 R _{12,13} = 0,9729
Esmagamento do papel ondulado, Concora. (CMT)	CMT (N) =	$4,5760 \cdot 10^2$	$-2,5633 \cdot 10^3 \cdot X$	$-1,1671 \cdot 10^2 \cdot X^2$	R ₁₄ = 0,9920
(CMT) = f(x, TMP)	CMT (N) =	8,1374.10	$-1,6742 \cdot 10^3 \cdot Y$	$+5,2549 \cdot 10^3 \cdot Y^2$	R ₁₅ = 0,9872 R _{14,15} = 0,9920
(CMT) = f(y, DA)					
Rigidez Taber, RT = (RT) = f(x, TMP)	RT (mN.m) =	1,5635	$+2,0775 \cdot 10^{-2} \cdot X$	$-1,6885 \cdot 10^{-4} \cdot X^2$	R ₁₆ = 0,9720
(RT) = f(y, DA)	RT (mN.m) =	-2,9156	$+2,5022 \cdot 10^{-2} \cdot Y$	$-3,0630 \cdot 10^{-4} \cdot Y^2$	R ₁₇ = 0,9534 R _{16,17} = 0,9720

OBSERVAÇÃO: R_i = coeficiente de correlação
R_{ij} = coeficiente de correlação parcial de i, quando j é constante.

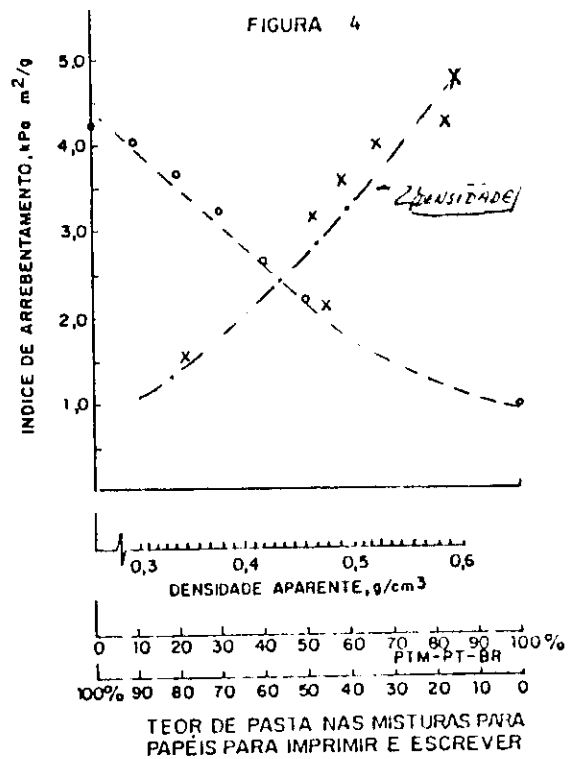
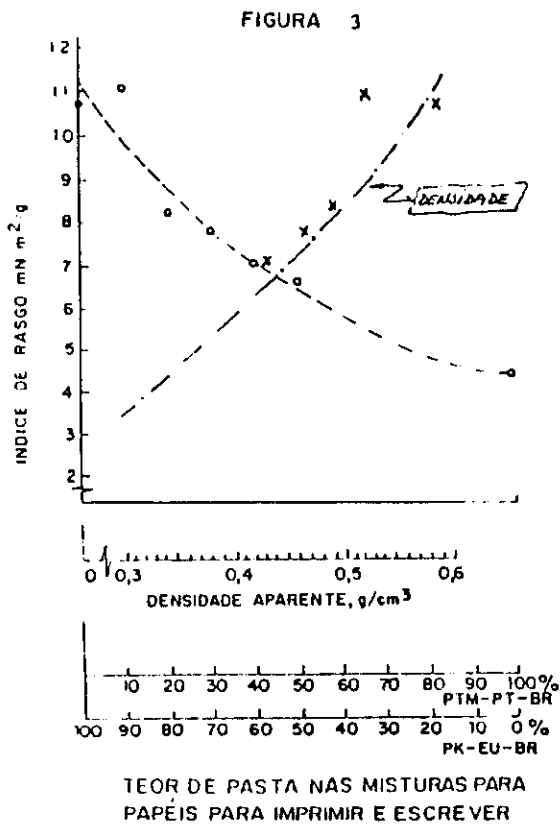
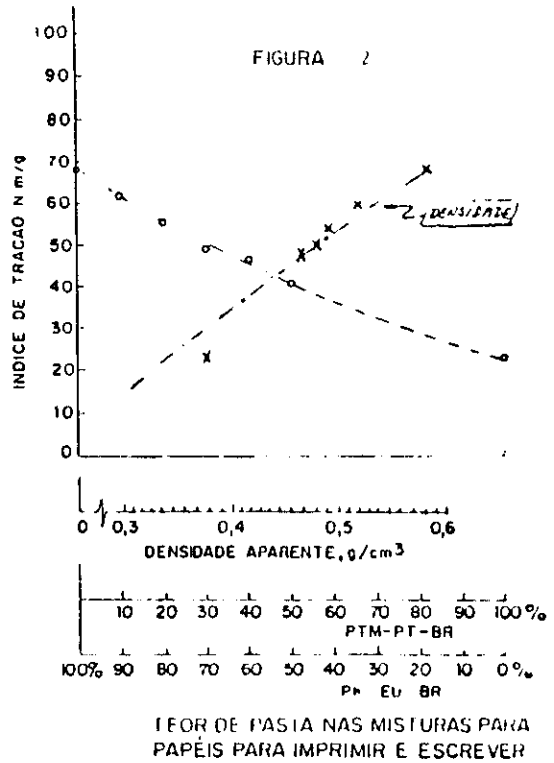
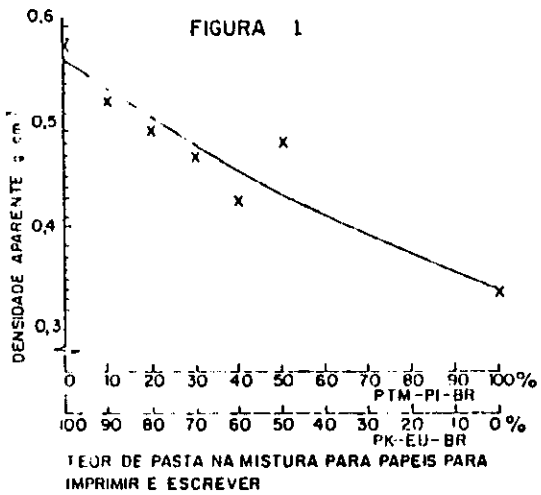
Tabela 11 Características físico-mecânicas de misturas destinadas à fabricação de papéis sanitários preparados com gramatura de 25 g/m² (*).

M9	Misturas Composição**	Volume específico aparente cm ³ /g	Índice de tração N.m/g	Alongamento (p/60 g/m ²) %	Índ. rasgo mH.m ² /g	I. Arredondamento kPa.m ² /g	Ascensão caillar mm	Maciez Gurley seg/53 ml
	Papel de qualidade boa	2,12	29,8	1,8	4,40	1,53	114,0	19,2,
	Papel de qualidade média	2,98	17,8	1,6	4,63	1,09	94,0	15,5
94	60 / 40 / 0	3,22	31,7	1,9	5,80	2,24	67,8	17,1
95	70 / 30 / 0	3,24	28,4	1,4	6,22	1,98	65,7	13,6
96	80 / 20 / 0	3,32	20,0	1,0	3,88	1,36	73,0	16,0
100	30 / 55 / 15	2,92	32,2	2,6	5,87	2,00	-	18,0
101	40 / 45 / 15	2,48	26,3	2,3	6,13	1,62	-	19,0
102	50 / 35 / 15	2,63	26,0	1,9	5,42	1,26	65,0	18,2
103	60 / 25 / 15	3,10	23,0	1,2	3,28	1,19	62,5	18,4
104	30 / 60 / 10	2,60	33,8	2,3	5,78	2,05	54,2	19,1
105	40 / 50 / 10	2,86	30,3	2,1	3,76	1,61	70,0	21,0
106	50 / 40 / 10	2,90	21,6	2,2	4,06	1,59	61,0	18,1
107	60 / 30 / 10	3,22	22,4	1,8	3,86	1,21	-	16,5
108	30 / 50 / 20	2,79	32,4	1,8	5,78	2,05	64,9	21,8
109	40 / 40 / 20	2,84	24,6	1,8	5,07	1,66	81,0	18,5
110	50 / 30 / 20	2,78	22,7	1,8	4,78	1,22	61,0	18,3
111	50 / 20 / 30	3,22	16,7	1,7	4,23	0,85	69,0	16,0

* Dados retirados das tabelas 8, deste relatório e da tabela 33 do trabalho B.

☐ Valor de característica inferior àquela da mistura destinada à fabricação de papel de qualidade média. (tabela 33, trabalho B).

** Composição: {TMP-PY-BR}/PK-PI-BR/PH M6-PI



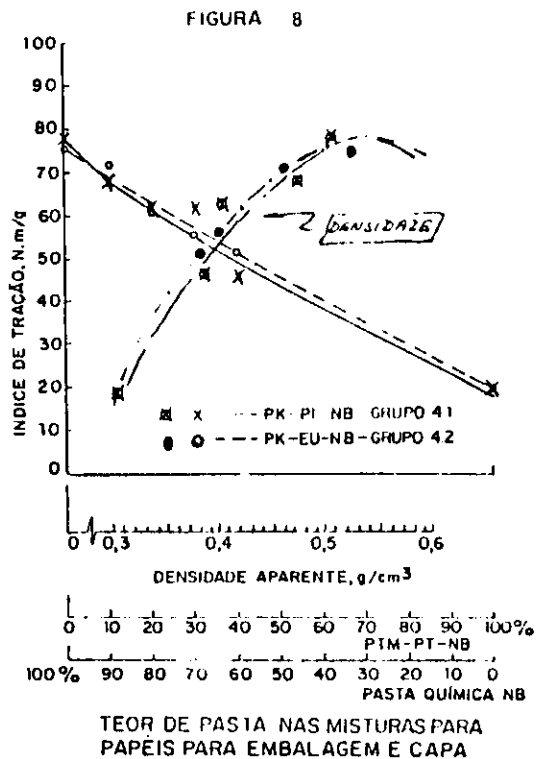
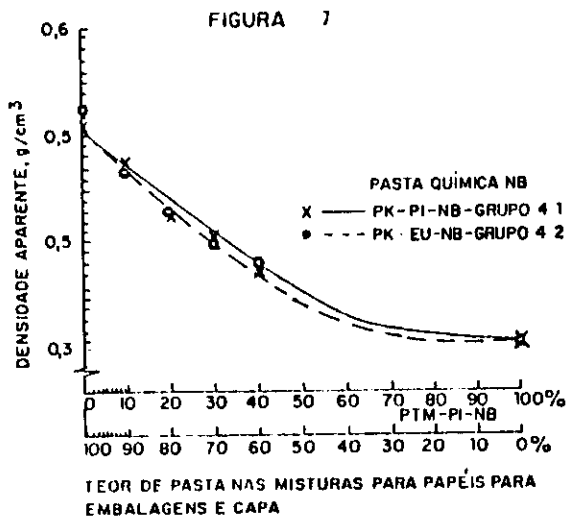
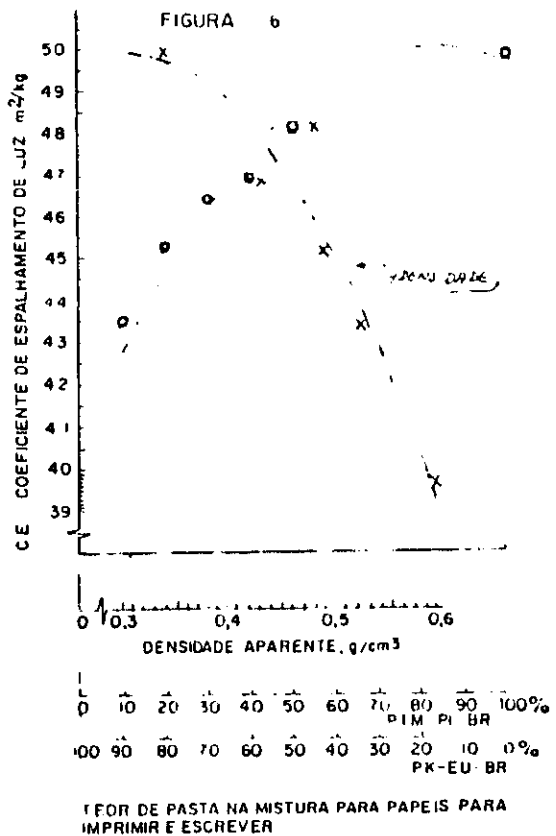
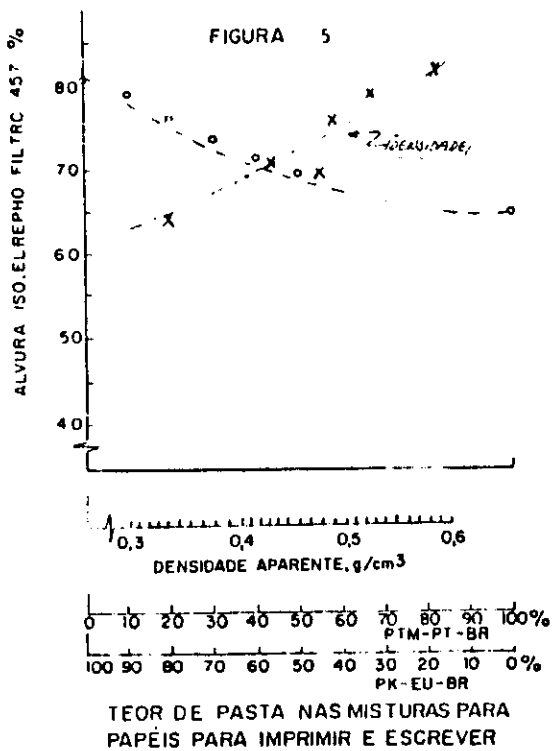


FIGURA 9

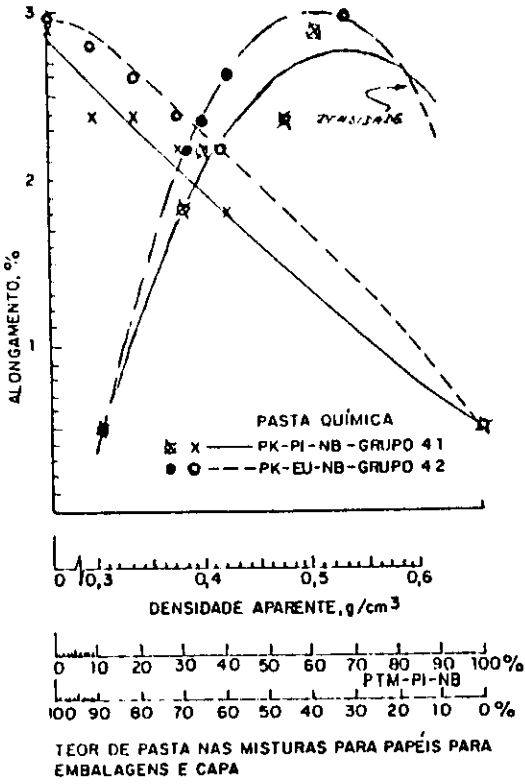


FIGURA 10

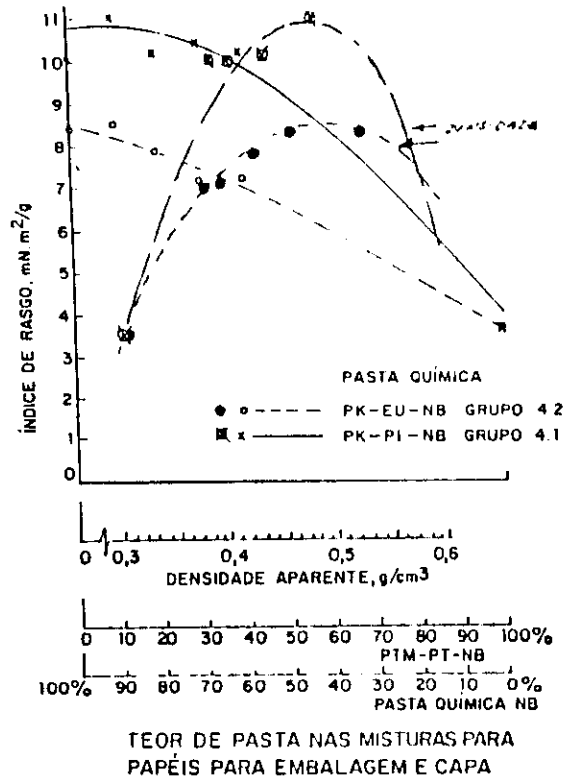


FIGURA 11

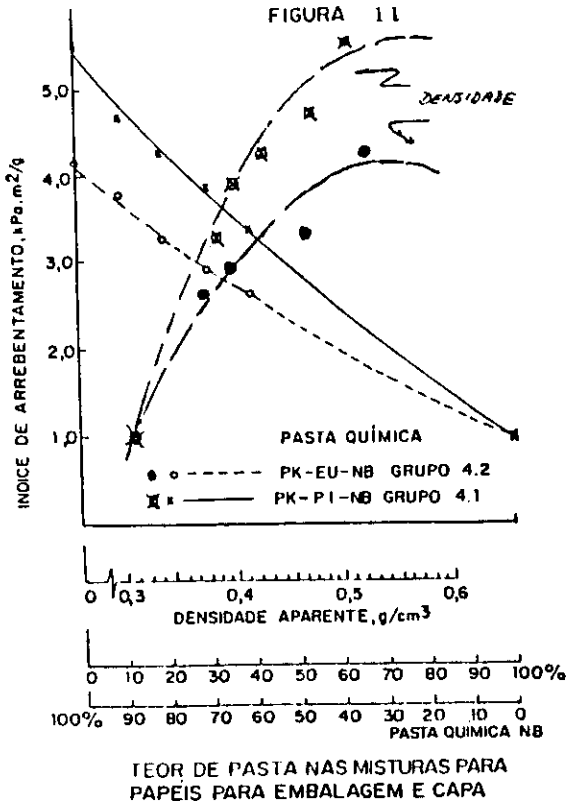


FIGURA 12

