



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0911075-5 B1**



**(22) Data do Depósito: 03/04/2009**

**(45) Data de Concessão: 09/04/2019**

---

**(54) Título:** COMPOSIÇÃO PARA REVESTIMENTO DE PAPEL DE IMPRESSÃO

**(51) Int.Cl.:** D21H 21/16; D21H 11/18; D21H 19/54; D21H 21/18; B82B 1/00; (...).

**(30) Prioridade Unionista:** 03/04/2008 US 61/041,932.

**(73) Titular(es):** INNVENTIA AB.

**(72) Inventor(es):** TOM LINDSTRÖM; MIROSLAV HOC; HAINONG SONG; MIKAEL ANKERFORS.

**(86) Pedido PCT:** PCT SE2009050355 de 03/04/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/123560 de 08/10/2009

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 04/10/2010

**(57) Resumo:** "COMPOSIÇÃO PARA REVESTIMENTO DE PAPEL DE IMPRESSÃO" A presente invenção está correlacionada a composições para revestimento de papel de impressão, ditas composições compreendendo celulose microfibrilada (MFC) e um ou mais polissacarídeos hidrocolóides, e ao uso das ditas composições. Além disso, a invenção se refere a um papel revestido, compreendendo uma primeira camada de polissacarídeo ( s) hidrocolóide ( s) e uma segunda camada de MFC e, ainda, ao uso do dito papel. Um método para reduzir a ocorrência de desprendimento de fios (linting) e a formação de pó é também divulgado.

**"COMPOSIÇÃO PARA REVESTIMENTO DE PAPEL DE IMPRESSÃO"**Campo da Invenção

A presente invenção se refere a composições para  
5 reduzir a tendência de desprendimento de fios (*linting*) e  
poeira de um papel de impressão durante a etapa de  
impressão. Além disso, a invenção se refere a um papel  
revestido, compreendendo tal composição e ao uso do mesmo.

10 Antecedentes da Técnica

Os termos relativos ao desprendimento de retalhos  
de fios finos (*linting*) e formação de poeira (*dusting*) são  
termos usados para definir a tendência de uma superfície de  
papel de desprender partículas soltas e fracamente ligadas,  
15 para então acumular estas partículas sobre a cobertura,  
durante um procedimento de impressão offset.

O fenômeno de desprendimento de retalhos de fios  
finos, que consiste de fibras, fragmentos de fibra, células  
de rayon ou elementos filamentosos, está correlacionado às  
20 propriedades da polpa e papel, assim como, às condições de  
impressão. O empoeiramento é o resultado da perda do agente  
de carga ou de outros materiais finos que não se encontram  
firmemente fixados à superfície do papel. Quando removidos  
durante a impressão, os materiais de desprendimento de fios  
25 (*linting*) e materiais em pó facilmente se acumulam na  
cobertura da impressão, especialmente, na primeira unidade  
de impressão quando são usadas múltiplas unidades de  
impressão.

O mecanismo de desprendimento de fibras ou fios  
30 (*linting*) não é inteiramente entendido e a solução de  
problemas correlacionados ao *linting* pode ser considerada  
como um processo difícil. O mecanismo de *linting* pode ser  
geralmente definido pela intensidade da ligação entre as  
fibras na superfície do papel. Isso significa que os

fragmentos de retalhos e o pó são removidos da superfície do papel, quando forças externas excedem as forças que mantêm a folha compactada.

A ação de coleta constitui outro aspecto quando se considera a capacidade de impressão do papel. A coleta significa o puxamento para fora de fibras ou pequenos acúmulos de fibras. A coleta pode, em casos extremos, resultar na deslaminação da folha, pelo que grandes áreas uniformes são levantadas da superfície do papel. A coleta ocorre quando a resistência à separação da tinta e, conseqüentemente, o esforço perpendicular à superfície do papel, excede a resistência local da superfície do papel na saída do dispositivo de aperto. A ação de coleta pode resultar na ocorrência do desprendimento de fibras (*linting*).

Os materiais removidos da superfície de papel consistem, na grande maioria, de fibras fracamente fibriladas, materiais de células não-fibrosas (tais como, células de rayon, filamentos, núcleo de bagaço, etc.), assim como, fragmentos de fibras, finos e fragmentos de rejeitos. Sabe-se que as fibras grossas e rígidas exigem uma maior entrada de energia durante o procedimento de refino, a fim de minimizar a ação do fenômeno de *linting*. Conseqüentemente, a entrada de energia, provavelmente, é um dos mais importantes parâmetros que afetam o *linting*.

A engomagem de superfície é um procedimento conhecido para aliviar a tendência de desprendimento de fibras (*linting*) do papel de impressão de jornal. No entanto, o problema de *linting* não pode ser considerado somente como um problema de fabricação de papel. As variáveis da prensa de impressão apresentam uma forte influência no desempenho do desprendimento de fibras no papel e devem ser cuidadosamente controladas. Importantes fatores do ambiente da prensa incluem a engomagem da

edição, a configuração do avanço do tecido através da prensa (ângulo de partida, etc.), as propriedades da tinta (viscosidade e pegajosidade), e a solução do reservatório (quantidade e qualidade). O desprendimento de fibras (lintering) pode também ser causado por um incorreto balanço de tinta/água. De estudos anteriores, pode ser concluído que diversas variáveis do procedimento da prensa, normalmente, contribuem para o surgimento do lintering.

O lintering resulta na deterioração da qualidade de impressão, chegando ao ponto em que a prensa deve ser parada e limpa. Esse processo de limpeza é trabalhoso e custoso. Portanto, a tendência de lintering do papel pode apresentar um forte efeito sobre a eficiência da unidade de prensa, particularmente, em operações de alto volume de impressão, tais como, produção de jornais. A continuada tendência direcionada para o aumento de uso de impressão offset em operações de alto volume de impressão multicolor tem tornado o lintering um considerável problema econômico e uma fonte de freqüentes reclamações de clientes. Conseqüentemente, existe uma necessidade de folhas de papel aperfeiçoadas, com reduzida tendência ao desprendimento de fibras (lintering) e ao empoeiramento (dusting) e, além disso, de composições para proporcionar essas melhorias.

#### Breve Descrição da Invenção

Em um primeiro aspecto da presente invenção, é proporcionada uma composição para revestimento de papel de impressão, dita composição compreendendo celulose microfibrilada (daqui em diante, referida como MFC), e um ou mais polissacarídeos hidrocolóides, para reduzir a tendência de lintering e de empoeiramento do dito papel durante a impressão. O polissacarídeo hidrocolóide pode ser qualquer amido ou goma. As gomas que são adequadamente usadas em conformidade com a presente invenção são exemplificadas pelo grupo que compreende goma de alfarroba,

goma de caraia, goma xantano, goma arábica, goma indiana, goma de ágar, pectina, tragacanto, alginatos, gomas de celulose (por exemplo, carboximetilcelulose, alquilcelulose, hidroxialquilcelulose, hidroxietilcelulose, 5 hidroxipropilcelulose), goma guar, goma de tamarindo, e carragenina.

Em uma modalidade da invenção, o polissacarídeo hidrocolóide é amido. O amido usado pode ser qualquer amido comercialmente disponível, compreendendo qualquer 10 combinação de dois polímeros de amido, amilase e amilopectina. O amido pode ser usado na sua forma de origem, na forma aniônica ou na forma catiônica. O amido pode ser modificado usando quaisquer dos seguintes tratamentos: tratamento com enzimas, tratamento térmico, 15 tratamento com peróxido de APS, tratamento por meio de eterificação, esterificação, oxidação (por exemplo, hipoclorito), hidrólise de ácido, dextrinose, ionização de cátion, hidroxietilação, carboximetilação e acetilação. Além disso, outros polissacarídeos hidrocolóides 20 selecionados do grupo que consiste de goma guar, goma de tamarindo, goma de alfarroba, goma de caraia, éter de celulose, goma xantano, pectina, alginatos, carragenina ou goma ágar podem fazer parte do aglutinante da formulação de amido.

25 A composição pode consistir exclusivamente de MFC e polissacarídeos hidrocolóides, como, por exemplo, amido.

Exemplos de plantas das quais o amido pode ser obtido incluem, batata, mandioca, cevada, trigo, milho, arroz, tapioca, araruta, sagu. Conquanto que uma variedade 30 de diferentes amidos possa ser usada, será reconhecido pelos especialistas versados na técnica que as diferenças no teor de amilose, ramificação de cadeia, peso molecular e teor de lipídeo de origem entre as diversas variedades de amido irão resultar em diferentes propriedades químicas e

físicas, dessa forma, influenciando as características do revestimento.

Processos para fabricação de MFC são divulgados, por exemplo, no documento de patente WO2007/091942 e no  
5 Pedido de Patente Sueco SE 0800807-0.

A dita celulose microfibrilada (também comumente referida como nanocelulose, celulose nanofibrilada, nanofibras, microfibras) pode ser fabricada a partir de quaisquer fibras contendo celulose, que possam ser  
10 encontradas na polpa química, polpa mecânica, polpa termomecânica, polpa quimio(termo)mecânica (CMP ou CTMP). A polpa usada pode consistir de polpa de madeira dura, madeira mole ou uma combinação de ambos os tipos de madeira. A polpa pode, por exemplo, conter uma mistura de  
15 madeiras de pinho e abeto ou uma mistura de bétula e abeto. As polpas químicas que podem ser usadas em conformidade com a presente invenção incluem todos os tipos de polpas químicas à base de madeira, tais como, polpa de sulfito branqueada, semi-branqueada e não-branqueada, polpa tipo  
20 Kraft e de soda, e misturas ou combinações das mesmas.

A polpa pode durante a fabricação de MFC ser de qualquer consistência, variando de baixa consistência, para meia-consistência e alta consistência. A origem da fibra pode ser madeira ou qualquer outra planta contendo  
25 celulose. Normalmente, as ditas fibras são tratadas em suspensão com a ajuda de um dispositivo de trituração mecânico, dito dispositivo podendo ser, por exemplo um dispositivo de refino, de fluidização, de homogeneização ou de micro-fluidização. Uma etapa de tratamento prévio das  
30 fibras pode também ser realizada antes do tratamento no dito dispositivo.

Das partes componentes da composição, o polissacarídeo hidrocolóide apresenta uma melhor capacidade do que a celulose microfibrilada (MFC) em penetrar no papel

durante o revestimento, enquanto a parte superior do revestimento consiste numa maior proporção de MFC. A MFC, como tal, apresenta problemas de penetrar no papel, devido a sua alta capacidade de retenção de água e tamanho de partícula. Conseqüentemente, existe um grande efeito sinérgico da composição divulgada.

A vantagem da composição de MFC e polissacarídeo hidrocolóide é tripla: oferece um revestimento que mantém as partículas de desprendimento de superfície (*linting*) no local, fixa parcialmente as partículas internamente na folha e fixa a camada de MFC na folha.

O polissacarídeo hidrocolóide usado pode ser de cadeia ramificada ou não-ramificada, podendo ser natural ou modificado, como, por exemplo, os éteres não-iônicos, anionicamente modificados ou catiônicos.

Quando da escolha da combinação de MFC e polissacarídeo hidrocolóide, deve ser dirigida atenção para a redução da tendência à aglomeração da referida combinação. Isso pode ser realizado mediante ajuste do pH ou do teor de sal da referida combinação. O ajuste das ditas variáveis está dentro da competência de um especialista versado na técnica.

Uma medida para reduzir a tendência de aglomeração é garantir que a MFC e o polissacarídeo hidrocolóide usados tenham substancialmente a mesma carga. Por exemplo, a MFC aniônica pode ser combinada com polissacarídeo hidrocolóide aniônico para minimizar a aglomeração.

Em uma modalidade da invenção, a composição compreendendo MFC e o polissacarídeo hidrocolóide compreende de 1-90% em peso de MFC, o balanço sendo o polissacarídeo hidrocolóide. Em outra modalidade da invenção, a dita composição compreende de 2-50% em peso de MFC, com o balanço compreendendo o polissacarídeo

hidrocolóide. Em ainda outra modalidade da invenção, a composição compreende 3-25% em peso de MFC, com o balanço compreendendo o polissacarídeo hidrocolóide.

5 Em outra modalidade, a composição compreende 5-15% em peso de MFC, com o balanço compreendendo o polissacarídeo hidrocolóide.

O termo % em peso, conforme aqui usado, é calculado com base no peso total da respectiva composição ou mistura, a menos que de outro modo definido.

10 As composições da invenção são adequadas para aplicações de revestimento e engomagem de superfície.

Em uma modalidade, é proporcionado um papel revestido com a composição compreendendo MFC e polissacarídeo hidrocolóide. Esse papel apresenta reduzida  
15 tendência ao desprendimento de fibras superficiais (*linting*), ao mesmo tempo em que mantém aceitável absorvência de tinta. A absorvência de tinta pode se dispor na mesma faixa que a de um papel convencional não-revestido.

20 Em um segundo aspecto da invenção, é proporcionado um papel revestido, compreendendo uma primeira camada de polissacarídeo hidrocolóide e uma segunda camada de MFC. O número de camadas pode ser variado, de acordo com as preferências. A(s) camada(s) de  
25 polissacarídeo hidrocolóide forma(m) uma base, na qual a MFC é suficientemente ligada. O polissacarídeo hidrocolóide intensifica a interface entre a(s) camada(s) de MFC e a superfície do papel. Dessa forma, a tendência de *linting* e de formação de pó no papel final é reduzida. A MFC pode ser  
30 usada, por exemplo, para reforçar as características superficiais de uma folha de jornal comercial.

A(s) camada(s) de polissacarídeo hidrocolóide do papel revestido em uma modalidade, compreende amido escolhido do grupo que consiste de amido natural de cadeia

ramificada ou não-ramificada, amido aniônico e amido  
catiônico, amido peroxidado, amido eterificado, amido  
esterificado, amido oxidado, amido hidrolisado, amido  
5 acetilado, respectivamente. O amido usado pode ser qualquer  
amido comercialmente disponível, compreendendo qualquer  
combinação de dois polímeros de amido, amilase e  
amilopectina.

Em outra modalidade da invenção, o polissacarídeo  
10 hidrocolóide é escolhido do grupo que consiste de goma de  
alfarroba, goma de caraia, goma xantano, goma arábica, goma  
indiana, pectina, tragacanto, alginatos, gomas de celulose,  
goma guar e goma de tamarindo.

Em uma modalidade, o papel revestido apresenta  
15 uma quantidade de MFC na faixa de 0,1 - 60 g/m<sup>2</sup>, em relação  
ao produto de papel. Em outra modalidade, o papel revestido  
apresenta uma quantidade de MFC na faixa de 0,5 - 40 g/m<sup>2</sup>,  
em relação ao produto de papel. Em ainda outra modalidade,  
o papel revestido apresenta uma quantidade de MFC na faixa  
20 de 1 - 30 g/m<sup>2</sup>, em relação ao produto de papel. Em outra  
modalidade, o papel revestido apresenta uma quantidade de  
MFC na faixa de 3 - 20 g/m<sup>2</sup>, em relação ao produto de  
papel.

Em um terceiro aspecto da invenção, é  
25 proporcionado o uso de uma composição compreendendo amido e  
MFC, de modo a prover uma barreira no papel.

Em um quarto aspecto da invenção, é proporcionado  
o uso de um papel revestido com a composição compreendendo  
MFC e amido, na forma de uma barreira.

30 Em um quinto aspecto da invenção, é proporcionado  
um método para redução do desprendimento de fibras  
superficiais (*linting*) e/ou de empoeiramento de um papel,  
compreendendo o revestimento do papel com qualquer  
composição conforme aqui descrita.

O termo "papel" conforme aqui usado, compreende qualquer papel, folha de papel e qualquer outro produto à base de fibra de madeira.

A presente invenção será agora descrita com referênci  
5 referênci aos desenhos anexos. As modalidades e exemplos devem ser simplesmente vistos como uma ilustração do espírito e escopo da presente invenção e, de nenhuma maneira, como uma limitação da mesma.

#### 10 Breve Descrição das Figuras

A figura 1 mostra a tendência de *linting* de folhas de referênci, com diferentes quantidades de amido-C para tratamento interno.

A figura 2 mostra a tendência de *linting* de  
15 folhas (com 2% de amido-C para tratamento interno) que tiveram a superfície tratada, usando diferentes produtos químicos em níveis similares de revestimento.

A figura 3 mostra a tendência de *linting* de  
20 folhas (com 5% de amido-C para tratamento interno) que tiveram a superfície tratada, usando diferentes produtos químicos em níveis similares de revestimento.

A figura 4 mostra imagens no disco de impressão, ao final da velocidade de impressão igual a 3,18 m/s, em que as folhas de referênci foram tratadas sem qualquer  
25 produto químico de superfície.

A figura 5 mostra imagens no disco de impressão, com velocidade crítica de impressão de deslaminación igual a 4,64 m/s, em que as folhas de referênci foram revestidas com MFC, com uma densidade de 2,1 g/m<sup>2</sup>.

30 A figura 6 mostra a tendência de *linting* de folhas em branco, com diferentes tratamentos químicos no mesmo nível de adição (1%).

A figura 7 mostra a tendência de *linting* de folhas em branco, com diferentes tratamentos químicos no mesmo nível de adição (2%).

A figura 8 mostra o volume de gota de óleo versus tempo, em que diferentes tratamentos químicos foram realizados.

A figura 9 mostra a absorvência de óleo (mostrada como diminuição de volume de gota de óleo entre 1 e 5 s de tempo de contato) de folhas com diferentes tratamentos químicos.

A figura 10 mostra a tendência de *linting* de papel de jornal comercial, com diferentes níveis de revestimentos de MFC.

A figura 11 mostra resultados da Tendência de Elevação de Fibra (FRT) de papel de jornal comercial, com diferentes quantidades de tratamento superficial de MFC.

A figura 12 mostra micrógrafos tipo ESEM, de superfícies de folhas com diferentes revestimentos.

A figura 13 mostra micrógrafos tipo ESEM, de seções transversais de folhas com diferentes revestimentos.

### Descrição Detalhada da Invenção

#### Material

##### Materiais de Polpa e Papel

Nos experimentos de *linting*, foi usada uma polpa termomecânica (TMP) de uma variedade de pinheiro, abeto comercial (*Picea abies*) nunca seca, da Usina Hallsta Paper (Holmen Paper, Suécia). Por razões de preservação, a polpa foi congelada e descongelada. Após a polpa ter sido descongelada, o índice de liberação em água deionizada foi de 173 CSF (Norma ISO 5267-2). O índice de liberação medido na Usina foi de 102 CSF. Em outro conjunto de experimentos de *linting*, foi usado um papel de jornal comercial (papel de jornal aperfeiçoado, gramatura de 60 g/m<sup>2</sup>, aspereza

superficial Bendtsen = 150-230 mL/min) (da Usina Hallsta Paper, Holmen Paper, Suécia). Na fabricação da MFC, foi usada uma polpa comercial, de dissolução de madeira mole em sulfito (Domsjó Dissolving Plus; Domsjó Fabhker AB, 5 Suécia), composta de 60% de abeto Norueguês (*Picea abies*) e 40% de pinho Escocês (*Pinus sylvestris*), com um teor de hemicelulose de 4,5% (medido como solubilidade em NaOH a 18%) e um teor de lignina de 0,6%. A polpa foi intensamente lavada com água deionizada e utilizada numa forma nunca 10 seca.

#### Produtos Químicos de Tratamento Interno

##### - Amido Catiônico (Amido-C)

Para tratamentos internos, foi usado um amido-C 15 comercial de batata (Amylofax PW, grau de substituição (DS) igual a 0,035, Avebe, Holanda). A fim de gelatinizar o amido-C, o amido-C foi misturado com 200 mL de água deionizada, em uma concentração em torno de 1,5% em peso, e foi aquecido para a temperatura de 90-95°C e mantido sob 20 essa temperatura durante 15 minutos. Após resfriamento, a solução foi diluída para um volume de 1 L.

##### - Poliacrilamida Aniônica (PAM-A)

Uma poliamida aniônica (A-PAM) (PL156, densidade de carga aniônica: 40 mol%, da Ciba, UK) foi usada como um 25 adjuvante para reter amido-C (por complexação) em altas dosagens de amido-C. A fim de preparar uma solução de A-PAM, 0,125g de A-PAM foram embebidas em 1,5 mL de etanol por 2 minuto. Após adição de 50 mL de água deionizada, a composição foi intensamente misturada por 2 minutos. 30 Depois, a composição foi agitada por 2 horas e deixada durante a noite sem agitação.

#### Produtos Químicos de Tratamento Superficial

##### - Amido Aniônico (Amido-A)

Nos tratamentos de engomagem de superfície, foi utilizado um amido aniônico oxidado de batata (Perlcoat 158, densidade de carga = 153,2  $\mu\text{eq/g}$ , Lyckeby Industrial AB, Suécia). A fim de gelatinizar o amido-A, o amido-A foi misturado com água deionizada, em uma concentração em torno de 10% em peso, e foi aquecido para a temperatura de 95°C e mantido sob essa temperatura durante 15 minutos. O pH foi ajustado para o valor de 8, antes dos experimentos de engomagem.

#### 10 - Celulose Microfibrilada (MFC)

A dissolução da polpa de madeira mole foi primeiro carboximetilada para um grau de substituição (DS) de aproximadamente 0,1, de acordo com um método conhecido e descrito (Wagberg L., Decher G., Norgren M. Lindström T., Ankerfors M., e Axnas K., Langmuir (2008), 24(3), 784-795). Após isso, a polpa foi transformada em MFC, mediante passagem da polpa carboximetilada a uma concentração de 2% em peso, uma vez, através de um dispositivo homogeneizador sob alta pressão (Microfluidizador M-1 10EH, da Microfluidics Corp., USA), equipado com duas câmaras dimensionadas de modo diferente (diâmetro de 200  $\mu\text{m}$  e 100  $\mu\text{m}$ , conectadas em série) com 170 MPa de pressão operacional. A MFC formada, que se constituiu em um gel altamente viscoso, foi diluída com água deionizada a 0,56% em peso, depois, dispersa mediante uma passagem através do dispositivo homogeneizador de alta pressão, da mesma maneira que descrito anteriormente.

#### - Formulações de MFC/Amido-A

Com base nas concentrações de MFC e amido-A, misturas de MFC e amido-A (proporção em massa de 50%:50%) foram preparadas da seguinte maneira: uma composição de MFC e amido-A foi passada uma vez através de um dispositivo homogeneizador sob alta pressão (Microfluidizador M-1 10EH, da Microfluidics Corp., USA), equipado com duas câmaras

dimensionadas de modo diferente (diâmetro de 200 µm e 100 µm, conectadas em série) com 170 MPa de pressão operacional. Após isso, a composição foi tratada usando um banho ultra-sônico (Bransonic Ultrasonic Cleaner 551 OE-MT, da Bransonic Ultrasonics Corp., USA), durante 10 minutos e depois colocada em uma mesa vibratória durante 40 minutos, para remover as bolhas de ar aprisionadas no gel.

### Métodos

#### 10 Folhas Manuais e Tratamentos Internos

A polpa de TMP seca congelada foi descongelada e desintegrada a quente, sob temperatura de 85-95°C, a 1200 rpm por 10 minutos, a fim de reduzir a latência da polpa. Para os tratamentos internos, a polpa foi tratada com amido-C a 1%, 2 e 5%, durante 10 minutos, antes da formação da folha. Quando foi usado amido-C a 5%, foi utilizada PAM-A a 0,1% como adjuvante (agente de complexação), para garantir uma deposição quase quantitativa do amido-C no fornecimento da polpa TMP. Nesse caso, foi adicionado uma PAM-A, 10 segundos depois do amido-C, em seguida, deixada por 10 minutos, antes da formação da folha. Água corrente foi usada e o pH foi ajustado para o valor de 8. Folhas de peso de resma de  $100 \pm 2$  g/m<sup>2</sup> foram feitas no dp de formação de folhas da Formette Dynamique (CTP, Grenoble, França) (Sauret et al., 1969). As folhas foram prensadas juntamente com mata-borrões, em uma densidade de 8,1 kg/cm<sup>2</sup>, durante 5,5 minutos, depois, os mata-borrões foram substituídos por novos mata-borrões e a folha foi prensada sob a mesma pressão por mais 2 minutos. A secagem das folhas foi realizada em um secador Photo com lustre a quente.

#### Tratamentos Superficiais

A engomagem de superfície foi feita com um dispositivo de revestimento de bancada (dispositivo de revestimento KCC M202, RK, da Print-Coat Instruments Ltd., UK), equipado com hastes de arame enrolado. A engomagem foi realizada com uma velocidade da haste de movimentação de aproximadamente 5 m/min. A operação de engomagem de superfície foi realizada somente no lado superior das folhas, no equipamento da Formette Dynamique e ao longo da direção MD.

As folhas foram previamente secas à temperatura ambiente, até que a pegajosidade tivesse desaparecido e, finalmente, secas em um secador Photo de lustre a quente. Todas as folhas de superfície engomada foram secas ao mesmo tempo. Operações de engomagem de superfície repetidas e paralelas foram realizadas. O peso da resma do papel foi de 100 g/m<sup>2</sup>, enquanto o peso do revestimento variou até 5 g/m<sup>2</sup>. Os seguintes produtos químicos foram engomados na superfície: Amido-A, MFC e composição 50/50% em peso de amido-A/MFC. Nos experimentos, pelo menos 3 diferentes níveis de engomagem de superfície foram utilizados. Todas as amostras, incluindo as fabricadas como folhas em branco ou de referência, folhas por tratamentos internos e folhas por tratamentos superficiais, foram preparadas de acordo com a matriz mostrada na Tabela 1.

25

Tabela 1- Matriz Experimental

Tratamento Interno /Revest. Químico	TMP (sem Prod. Químico.)	TMP (1% Amido-C + 0,1% PAM-A)	TMP (2% Amido-C + 0,1% PAM-A)	TMP (5% Amido-C + 0,1% PAM-A)
Referência	*	*	*	*
Amido-A	*	*	*	*
MFC	*	*	*	*
Amido-A + MFC	*	*	*	*

### Calandragem

#### - Pré-calandragem

Todas as folhas foram previamente calandradas em  
5 uma calandra de laboratório de aperto macio (DT Laboratory  
Calender, DT Paper Science Oy, Finlândia), sob uma linha de  
pressão de 16 kN/m, a uma temperatura do tambor de 22°C,  
por uma só vez. Após isso, as folhas foram calandradas duas  
vezes sobre cada lado das folhas, o que proporcionou uma  
10 aspereza de superfície Bendtsen em torno de  $200 \pm 50$  mL/min  
(ver abaixo). Este é um valor normal para folhas de jornal  
comercial.

#### - Pós-calandragem

As folhas de superfície engomada foram também  
15 calandradas após o tratamento de engomagem de superfície.  
Primeiramente, as folhas de superfície engomada foram  
condicionadas de acordo com o método padrão SCAN-P 2:75  
(Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee),  
durante pelo menos 48 horas. As folhas foram depois  
20 calandradas uma vez, em uma calandra de laboratório de  
aperto macio, sob uma linha de pressão de 12 kN/m, a uma  
temperatura do tambor de 22°C, antes de uma adicional  
análise de superfície, pelo que os testes de impressão  
foram então realizados.

25

### Análise

#### - Gramatura e Aspereza de Superfície

A gramatura e peso da camada de revestimento  
foram determinadas de acordo com o método padrão SCAN-P  
30 6:75 (Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing  
Committee). O método de Bendtsen (ISO 8791 -2) foi usado  
para a determinação e controle da aspereza de superfície.

#### - Teste de Coleta de Fibras-Tendência ao *Linting*

Nesse método, o qual foi desenvolvido em STFI-Packforsk AB, Suécia, uma amostra de papel é colocada em um dispositivo de teste de capacidade de impressão IGT, e o disco de aço, tornado pegajoso com um filme fino de óleo de teste de coleta, é prensado contra o papel. Assim, é feita uma impressão a uma acelerada velocidade. O disco é depois fotografado com uma câmera CCD, em um estereomicroscópio. O disco é dividido em 20 segmentos, que correspondem a cada foto tomada pela câmera. Uma vez que a aceleração não é linear, os quatro primeiros e os dois últimos segmentos sobre o disco foram deixados fora da análise. Conseqüentemente, as medições são executadas nos segmentos referenciados como 5 a 18. As fotos desses segmentos são analisadas e a quantidade de partículas presentes (partículas que foram removidas da superfície das folhas) é contada (partículas/cm<sup>2</sup>). O resultado é um número de partículas, que foi desprendido da superfície sob uma velocidade específica. A contagem de partículas foi realizada usando um software de análise de imagem (Linting Large Part, STFI-Packforsk AB, Suécia). Esse software faz a distinção entre quatro diferentes grupos de partículas nas imagens: fibras, agrupamento de partículas, partículas e partículas pequenas. Os critérios para os grupos são:

- Fibras: o perímetro do objeto é  $> 2$  mm e sua característica de formato retangular é  $< 0,3$ , isto é, o objeto é longo;
- Agrupamento de partículas: a área do objeto é  $> 0,3$  mm<sup>2</sup>, ou seu perímetro é  $> 0,2$  mm e sua característica de formato retangular é  $> 0,3$ ;
- Partículas: a área do objeto é entre  $0,02-0,3$  mm<sup>2</sup>;
- Pequenas partículas: se não ocorrer nenhuma das características acima, o objeto é uma pequena partícula.

As medições de LPT no presente trabalho foram baseadas no método de resistência à coleta, Padrão IGT

(Norma ISO 3783), usando um dispositivo de teste de capacidade de impressão Padrão IGT (IGT AIC 2-5, Reptest b.v., Holanda). O disco de aço foi tornado pegajoso usando 13,7 ± 1,1 mg de óleo de teste de coleta (IGT Pick Test Oil (404.004.020)), de viscosidade média (Paper Test Equipment, Suécia).

Ao invés de detectar o início da coleta na tira de teste, as partículas coletadas no disco de impressão foram detectadas usando uma câmera CCD (Modelo ICD 700, Ikegami, Japão, cuja resolução foi de 15 µm/pixel), conectada a um estereomicroscópio (Modelo SZ-CTV, Olympus Sverige AB, Suécia). A velocidade máxima de impressão medida foi de 5,0 m/s.

O dispositivo de teste de elevação de fibra constitui um método desenvolvido pela STFI-Packforsk no começo da década de 90 (Hoc 2005). A tendência de elevação de fibra (FRT) é definida como a quantidade e tamanho das fibras que se elevam da superfície do papel, quando o papel é umedecido, seco e depois transportado sobre um rolo fino. Esse método fornece informação de como as ligações entre as fibras superficiais podem resistir à elevação de fibras induzida por umedecimento. Também, é possível medir o empoeiramento a seco através de simples desligamento do procedimento a úmido. O princípio é que uma amostra de papel é umedecida com uma certa quantidade de água e depois seca com um elemento de aquecimento por infravermelho (IR). A quantidade de elevação de fibra e a aspereza são continuamente registradas por uma câmera CCD, na medida em que a amostra se dispõe sobre um rolo fino.

#### 30 - Análise da Imagem de Registro de Secagem/Umedecimento

Quando o papel é exposto à umidade e calor, diferentes tipos de mudanças estruturais podem ocorrer na superfície. O processo de FRT avalia a amostra baseado em dois tipos de mudança, referidos como Elevação de Fibra

Longa e Elevação de Fibra Curta. As fibras longas são ligadas apenas em uma extremidade e se estendem por mais de 0,1 mm acima da superfície, enquanto as fibras curtas são ligadas ao longo da maior parte do comprimento e não se estendem por mais que 0,1 mm acima da superfície. São as fibras longas que podem acarretar os problemas de desprendimento de fibras superficiais (*linting*), devido as suas extremidades livres relativamente longas, as quais são expressas como comprimento total em milímetros.

10 As mudanças na estrutura da superfície aparecem quando a rede de fibras do papel na superfície entra em contato com a água e calor. Essas mudanças provocam o surgimento de dois efeitos separados, aspereza e elevação da fibra. Esses efeitos podem ser descritos pela medição de 15 quatro parâmetros:

- LRC (Componente de Elevação Longa) é um parâmetro que descreve a extensão da elevação da fibra como a extensão total medida de todas as fibras que se elevam da superfície do papel após o tratamento da superfície;

20 - SRA (Área de Elevação Curta) é um parâmetro que descreve o aumento de aspereza da superfície como a medição da área total de todas as partículas que foram levantadas da superfície do papel, mas que não podem ser identificadas como fibras, uma vez que a altura de cada uma dessas 25 partículas é inferior a 0,1 mm;

- TRA (Área de Elevação Total) é um parâmetro que é definido como a área total de todas as fibras levantadas, incluindo a área de todas as partículas que foram levantadas da superfície do papel, mas que não são fibras;

30 - Q (Quantidade de Fibras) é o número de fibras identificadas, isto é, as partículas cuja extensão é maior que 0,1 mm.

No presente trabalho, as amostras foram cortadas em tiras com 4,0 cm de largura e pelo menos 10 cm de

comprimento. Papel de cópia comum foi colocado nas extremidades das tiras para tornar o material de teste mais eficiente (o teste de tendência de elevação de fibras (FRT) precisou de uma amostra maior do que a área que é realmente necessária para realização do teste). A amostra foi colocada no dispositivo de teste de FRT (FIBRO 1000, Fibro System AB, Suécia) e testada na direção da máquina (MD). A amostra foi umedecida com 6,0 g/m<sup>2</sup> de água. Após isso, o papel foi seco usando um elemento de aquecimento por IR, até que a superfície do papel alcançasse uma temperatura de 110°C. A amostra foi depois transportada sobre um rolo fino e uma câmera CCD registrou a elevação das fibras e a aspereza. No total, 100 imagens foram analisadas pelo equipamento. Três amostras por amostra de folha foram medidas.

- Absorvência de Óleo

Para estimar a absorvência de óleo das folhas, foram executadas medições de ângulo de contato usando um dispositivo de teste do tipo Dynamic Angle Tester (DAT 100, Fibro System AB, Suécia). As medições foram realizadas deixando cair uma gota de óleo de mamona (óleo de mamona USP, densidade = 0,96 g/cm<sup>3</sup>, da Sigma-Aldrich Inc., USA) sobre o lado superior das folhas. O volume da gota inicial foi de 7,0 µL e a mudança de volume da gota no curso do tempo (amplitude de tempo de 0-12 s), diâmetro da base da gota e ângulo de contato foram medidos. Para cada amostra de folha foram medidas 8 tiras de papel paralelas (8 gotas/tira de papel) para se obter um valor médio.

- Microscópio de Varredura de Elétrons Ambiental - Pistola de Emissão de Campo (ESEM-FEG)

Micrógrafos tipo ESEM de superfícies e seções transversais de folhas foram tomados para estudar a morfologia de superfície e a estrutura de camada das folhas. Os micrógrafos tipo ESEM foram capturados usando

ESEM modelo XL30 ESEM-FEG (Microscópio de Varredura de Elétrons Ambiental - Pistola de Emissão de Campo) da Philips, Holanda. As condições de trabalho foram como segue: voltagem de aceleração = 10 kV, WD = 9 mm (distância do processamento), modo de baixo vácuo com detector BSE (elétrons de difusão posterior), e pressão na câmara de amostra de 0,1 kPa. Os micrógrafos tipo ESEM das superfícies de papel foram também tomados em um modo de alto vácuo, usando detector tipo SE (Elétrons Secundários) na mesma voltagem de aceleração de 10 kV. A distância de processamento foi um pouco mais curta, cerca de 8,5 mm. Para um modo de alto vácuo, as superfícies das folhas foram revestidas com uma camada condutora fina de ouro, para prevenir a formação de cargas. Os micrógrafos tipo ESEM das seções transversais, que proporcionam informação na direção Z sobre a estrutura da folha, foram obtidos dos papéis embebidos. As amostras de papel foram embebidas em resina de epóxi Spurr, moídas e polidas, para se obter uma superfície lisa.

20

### Resultados

#### - Análise de Tendência de *Linting*

Quando comparado com o convencional método de resistência de coleta, Padrão IGT, de acordo com o qual o começo da coleta na tira de teste é registrado, as partículas coletadas no disco de impressão foram avaliadas com análise de imagem com relação à cobertura da área e ao número e classificação de tamanho no método STFI-LPT. Além disso, o LPT descreve a tendência de um papel liberar partículas em função da velocidade de impressão. Conseqüentemente, os resultados do LPT são acreditados como sendo uma satisfatória quantificação da tendência ao *linting*. Para simplificar o resultado da análise, a cobertura da área das partículas coletadas nos resultados

de LPT como função da velocidade de impressão é discutida a seguir.

- Tendência ao *Linting* das Folhas com Tratamentos de Engomagem Internos

5           As folhas de polpa termomecânica (TMP) foram feitas com uma folha de referência e com a adição de amido catiônico (amido-C) (1%, 2% e 5% de amido-C + 0,1% de poliacrilamida aniônica (PAM-A)) à matéria-prima úmida. A PAM-A foi usada como um componente aditivo, a fim de reter  
10 o amido-C externo não-absorvido no nível de adição mais alto. Basicamente, a retenção do amido-C nas fibras foi quantitativa. Os resultados de LPT dessas folhas engomadas internamente são apresentados na figura 1. Foi claramente observado que na mesma tendência de *linting*, a velocidade  
15 de impressão poderia ser aumentada com a adição de amido catiônico (amido-C). Entretanto, foi necessário um excesso de mais de 1% de amido-C, a fim de significativamente melhorar a tendência ao *linting* das folhas de TMP.

- Tendência ao *Linting* de Folhas com Diferentes Tratamentos Superficiais

20           Na figura 2, uma folha de referência (internamente engomada com 2% de amido-C) teve a superfície engomada com amido aniônico (amido-A), MFC e uma mistura de MFC com amido-A (proporção em massa de 50:50%),  
25 respectivamente, em um nível de adição similar. Da figura 2, é evidente que a engomagem da superfície com amido-A e MFC efetivamente reduz a tendência ao *linting* das folhas. Em segundo lugar, é também mostrado que existe um efeito sinérgico relativo à adição da MFC e amido-A à  
30 superfície dos papéis.

A figura 3 mostra uma série de experimentos similares, em que uma folha de referência (engomada internamente com 5% de amido-C) teve a superfície engomada usando amido-A, MFC e uma mistura de MFC com amido-A

(proporção em massa de 50%:50%), em níveis de adição similares. Nessa série de experimentos, foi feita uma importante observação. Apesar da cobertura da superfície de papel com um filme contínuo de MFC, a folha revestida usando MFC foi facilmente deslaminada quando foi excedida uma certa velocidade crítica de impressão. Quando o disco de impressão foi examinado (ver as figuras 7 e 8), foi observado que o disco de impressão ficou mais limpo antes da deslaminação e que quando a folha foi deslaminada, aglomerações de rejeitos (filme mais rejeitos) foram encontradas. A MFC apresenta uma capacidade de retenção de água bastante alta, conseqüentemente, não irá penetrar na folha e uma zona fraca será formada na interface entre o filme de MFC e a superfície do papel. Isso explica o papel sinérgico de utilizar a MFC e o amido-A em conjunto. O amido-A, simplesmente, irá intensificar a interface entre o filme de MFC e a superfície de papel, diminuindo acentuadamente a tendência ao *linting* da folha.

Diversas séries de experimentos com diferentes níveis de adições de engomagem interna e de superfície, usando MFC, amido-A e amido-C, com a utilização de polpa de TMP, foram depois realizados. A fim de corrigir níveis de adição ligeiramente diferentes nos diversos experimentos, foi usado um software (DataFit 7.0) para calcular os valores interpolados nos níveis de adição de 1, 2 e 5%. Os resultados assim obtidos são apresentados nas figuras 9, 10 e 11. Conseqüentemente, a figura 6 mostra os efeitos da adição interna de 1% de amido-C e da adição de 1% de MFC, amido-A e uma mistura de MFC/amido-A (505/50%) à superfície. O efeito da adição interna de amido-C foi novamente pequeno, enquanto o amido-A e MFC proporcionaram significativas reduções na tendência ao *linting*. O sinérgismo da adição de uma mistura de amido-A e MFC foi novamente evidente. A figura 7 mostra os resultados com uma

adição de 2% e os resultados são essencialmente similares aos mostrados na figura 8, mas, a resistência superficial das folhas, logicamente, é maior.

5 - Efeitos da Engomagem Interna e Superficial sobre a Absorvência de Óleo em Folhas de polpa TMP

Um tratamento superficial de uma folha de jornal pode colocar em risco a absorvência da tinta da folha, resultando em perda de tinta e lenta secagem da mesma. Portanto, as folhas tratadas foram testadas com relação à absorvência de óleo, após tratamentos de engomagem internos ou superficiais. No teste de absorvência de óleo, o volume de uma gota de óleo na superfície de uma folha de papel é registrado, versus o tempo, e os resultados típicos são mostrados na figura 8. Os dados foram também mostrados como uma redução da gota de óleo versus o tempo, conforme mostrado na figura 9. O tratamento de engomagem interno e o tratamento superficial resultam em uma absorção de óleo ligeiramente inferior. Os tratamentos superficiais resultam em uma absorção retardada tipo barreira, enquanto um tratamento interno resulta em uma folha mais consolidada, o que resulta no retardo da absorvência de óleo. Entretanto, em comparação com a folha em branco, a tendência de diminuição de absorção de óleo é limitada.

25 - Teste de Aplicação em uma Folha de Jornal Comercial

As folhas de papel do laboratório Formette Dynamique, usadas na parte anterior do presente relatório, são caracterizadas como tendo características de formação superiores e em uma série de experimentos, folhas de jornal comercial foram também revestidas com MFC para comparação. Os resultados são mostrados na figura 10. Os revestimentos de MFC aliviam a tendência ao *linting* nas folhas de jornal comercial, do mesmo modo que para as folhas de laboratório.

A absorção de óleo foi também pesquisada. Todos esses experimentos demonstram a eficiência da MFC para

reforçar as características superficiais de uma folha de jornal comercial.

- Tendência de Elevação de Fibras de Folha de Jornal Comercial usando Tratamentos Superficiais de MFC

5           A elevação de fibras é definida como a quantidade e tamanho das fibras que se elevam da superfície de papel quando a folha é umedecida, seca e transportada sobre um rolo fino. A folha de jornal comercial foi tratada superficialmente com MFC e os resultados do teste de FRT  
10 são mostrados na figura 11. A figura 11 mostra que o teor de elevação de fibra longa (LRC) diminuiu após o tratamento superficial com MFC. Entretanto, a área de elevação de fibra curta (SRA) e a área de elevação de fibra total (TRA) inicialmente diminuíram, mas aumentaram quando a quantidade  
15 de revestimento de MFC excedeu um determinado valor.

- Análise de ESEM

Exemplos de imagens de ESEM de folhas revestidas de amido, MFC e amido/MFC ilustram um aspecto das superfícies (figuras 16a-16d) e seções transversais  
20 (figuras 17a-17d) das referidas folhas. Conforme pode ser observado na folha de referência antes do revestimento (figura 12a), a superfície é relativamente áspera. O revestimento resulta em uma superfície mais lisa (figuras 16b-16d). O revestimento de MFC resulta numa superfície  
25 mais lisa do que a superfície revestida com amido-A. Provavelmente, isso é o resultado de uma melhor formação de filme para a celulose microfibrilada (MFC). A diferença pode também ser vista em imagens de seção transversal, caso a figura 13b (amido-A) seja comparada com a figura 13c  
30 (MFC). A MFC parece formar um filme relativamente espesso que se dispõe na parte superior da superfície da folha, enquanto o amido-A forma um filme mais fino, o qual também penetra dentro da folha de uma maneira diferente. Conforme foi divulgado acima, a fraqueza do filme de MFC se deve ao

fato de que o filme parece ser menos fixado à folha, o que provoca a deslaminação entre a camada de MFC e a folha (ver a figura 5). A fraqueza observada com relação ao amido-A é que o mesmo não é eficaz em relação à redução do *linting*.  
5 Isso se deve à formação de um filme mais fraco pelo amido-A, conforme visto na figura 13. Ao combinar o amido-A com MFC é ainda possível se formar um filme na parte superior da folha (ver a figura 13d). Esse filme, provavelmente, será composto principalmente de MFC. O amido-A, ao invés  
10 disso, pode penetrar dentro da folha de uma melhor maneira. Com base nos resultados de *linting* mostrados acima, é possível se especular que uma combinação de MFC e amido-A seja benéfica, uma vez que oferece a possibilidade para ambos de revestir a folha, com um filme que mantém as  
15 partículas de tendência de ocorrência de *linting* no lugar, assim como, parcialmente fixar as partículas internamente na folha, como, também, o filme de MFC na folha.

#### Vantagens da Invenção

20 A tendência de ocorrência de *linting* em folhas de jornal pode ser aliviada através de tratamentos de engomagem superficial com MFC, amido ou uma mistura dos dois aditivos. Comparado com tratamento simplesmente interno com amido-C, o tratamento superficial é mais  
25 eficiente na redução da tendência de ocorrência de *linting*. O gel de MFC não penetra facilmente dentro da folha de base devido a sua alta capacidade de retenção de água. Portanto, uma folha revestida com MFC pode deslaminar em velocidades de impressão mais altas, do que uma folha revestida com  
30 amido-A ou MFC + amido-A. Foi descoberto que existe um sinergismo quando se usa uma mistura de MFC e amido-A, a qual diminuiu a tendência ao *linting* mais do que quando da aplicação de MFC ou amido-A. O amido-A funciona para reforçar o limite de fase entre a MFC e a folha de base.

Foi também descoberto que a tendência de elevação de fibra longa acentuadamente diminuiu com aplicações superficiais de MFC. A absorvência de óleo foi encontrada para diminuir um pouco o aumento da quantidade de produtos químicos de  
5 revestimento.

## REIVINDICAÇÕES

1. Composição para revestimento de papel de impressão, a dita composição **caracterizada** por compreender  
5 de 25 a 90%, em peso, de celulose microfibrilada (MFC), com o balanço compreendendo polissacarídeos hidrocolóides, em que o polissacarídeo hidrocoloide é amido selecionado do grupo que consiste em amido natural, amido aniônico, amido catiônico, amido peroxidado, amido eterificado, amido  
10 esterificado, amido oxidado, amido hidrolisado, amido modificado por dextrina, amido hidroxietilado e amido acetilado ou em que o polissacarídeo hidrocoloide é escolhido do grupo consistindo em goma de alfarroba, goma de caraia, goma xantano, goma arábica, goma indiana,  
15 pectina, tragacanto, alginatos, goma guar, goma agar, gomas carrageninas e goma de tamarindo.

2. Composição, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pela composição compreender de 50 a 90% em peso de MFC, com o balanço compreendendo polissacarídeos  
20 hidrocolóides.

3. Papel **caracterizado** por ser revestido com uma composição conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 e 2.

4. Papel revestido **caracterizado** por  
25 compreender:

- a) uma primeira camada de polissacarídeos hidrocolóides; e
- b) uma segunda camada de MFC.

5. Papel revestido, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelos polissacarídeos  
30 hidrocolóides na camada (a) serem escolhidos do grupo consistindo em amido natural, amido aniônico, amido catiônico, amido peroxidado, amido eterificado, amido esterificado, amido oxidado, amido hidrolisado, amido

modificado por dextrina, amido hidroxietilado e amido acetilado.

6. Papel revestido, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo polissacarídeo hidrolóide ser escolhido do grupo que consiste em goma de alfarroba, goma de caraia, goma xantano, goma arábica, goma indiana, pectina, tragacanto, alginatos, gomas de celulose, goma guar, goma de ágar, carragenina e goma de tamarindo.

7. Papel revestido, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pela quantidade de MFC em (b) estar na faixa de 0,1 a 60 g/m<sup>2</sup> de folha de papel.

8. Papel revestido, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pela quantidade de MFC em (b) estar na faixa de 0,5 a 40 g/m<sup>2</sup> de folha de papel.

9. Papel revestido, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pela quantidade de MFC em (b) estar na faixa de 1 a 30 g/m<sup>2</sup> de folha de papel.

10. Papel revestido, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pela quantidade de MFC em (b) estar na faixa de 3 a 20 g/m<sup>2</sup> de folha de papel.

11. Uso da composição, conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 e 2, **caracterizado** por ser para proporcionar uma barreira sobre uma folha de papel.

12. Método para reduzir a ocorrência de desprendimento de fibras (*linting*) e/ou de formação de pó (*dusting*) de um papel, o dito método **caracterizado** por compreender revestir um papel com composição conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 e 2.

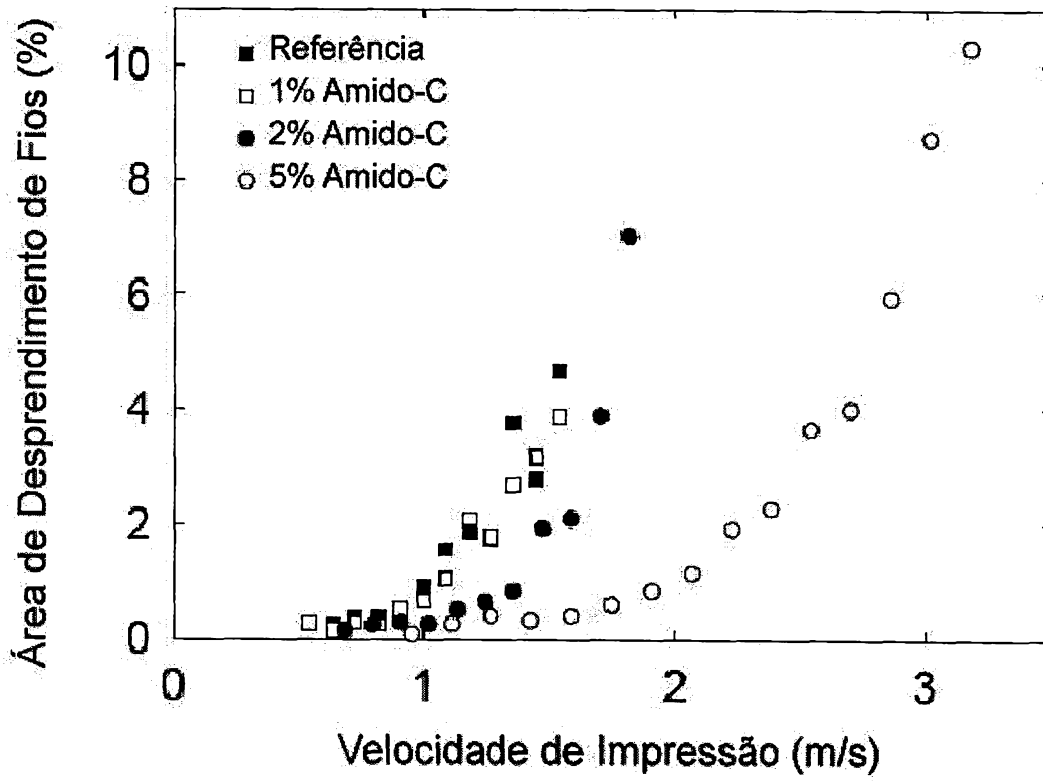


Fig. 1

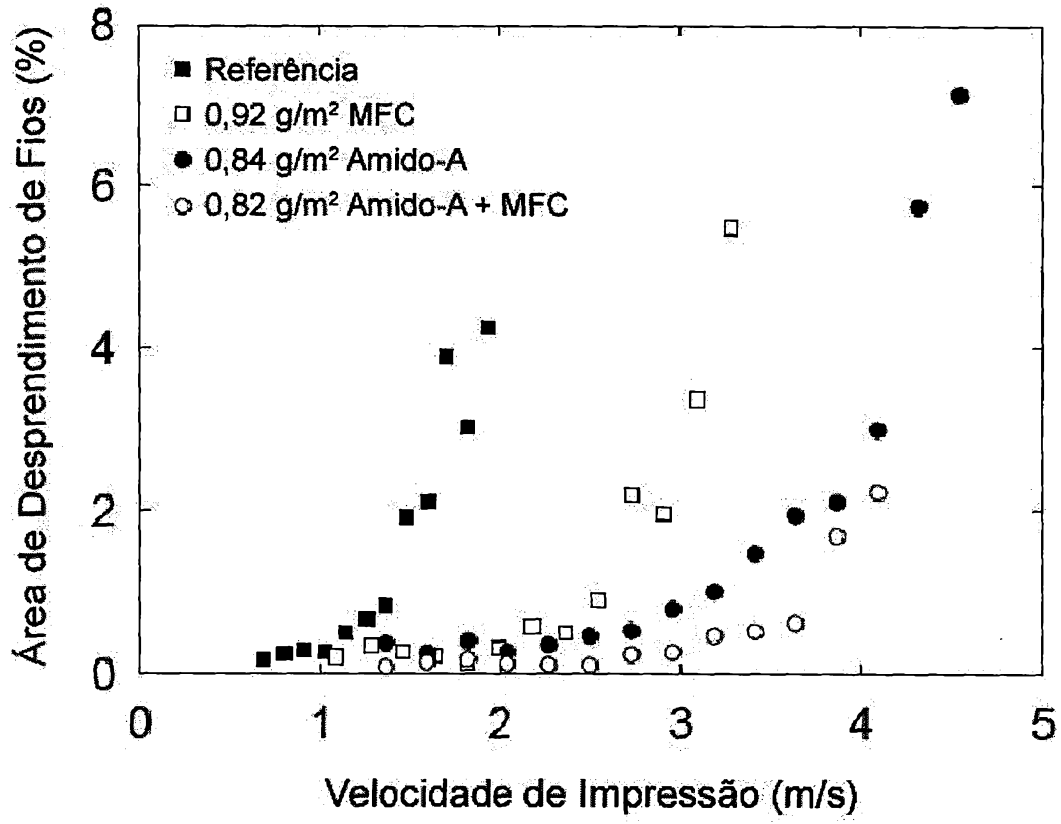


Fig. 2

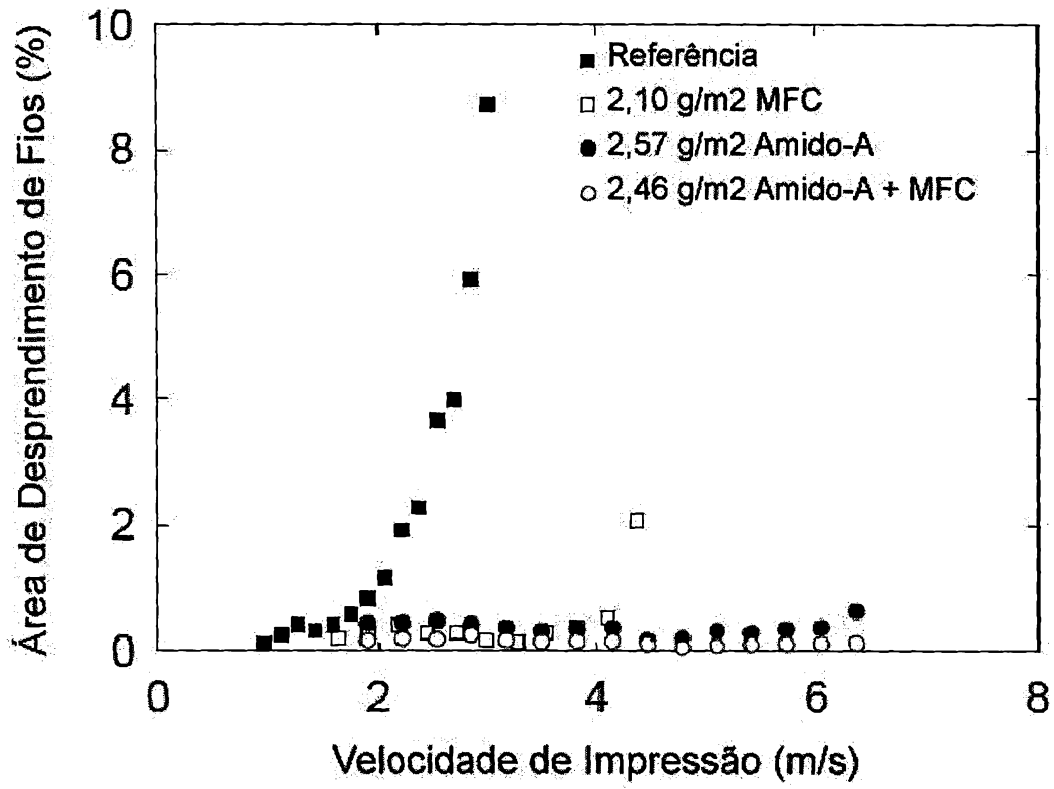


Fig. 3

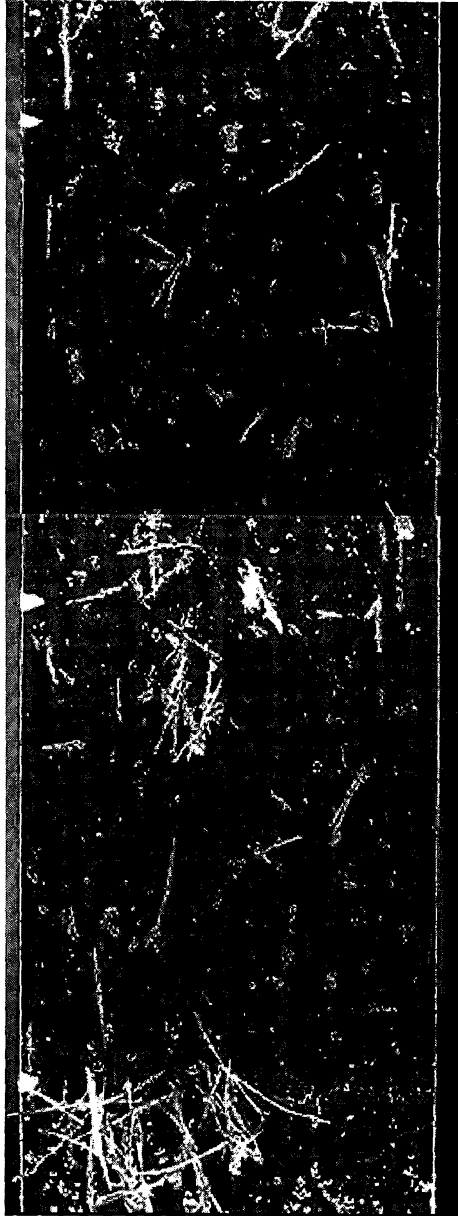


Fig 4

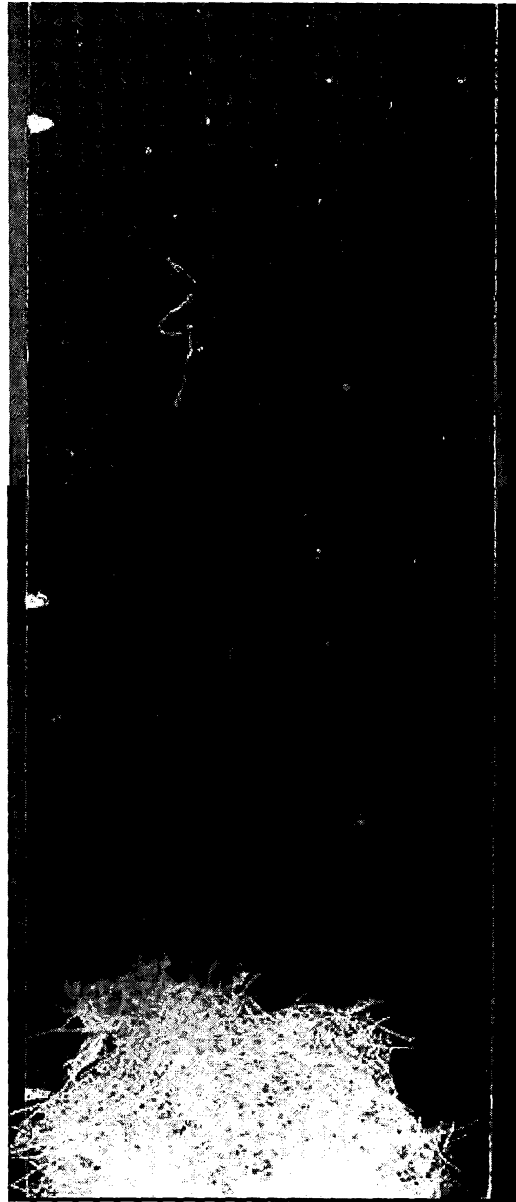


Fig. 5

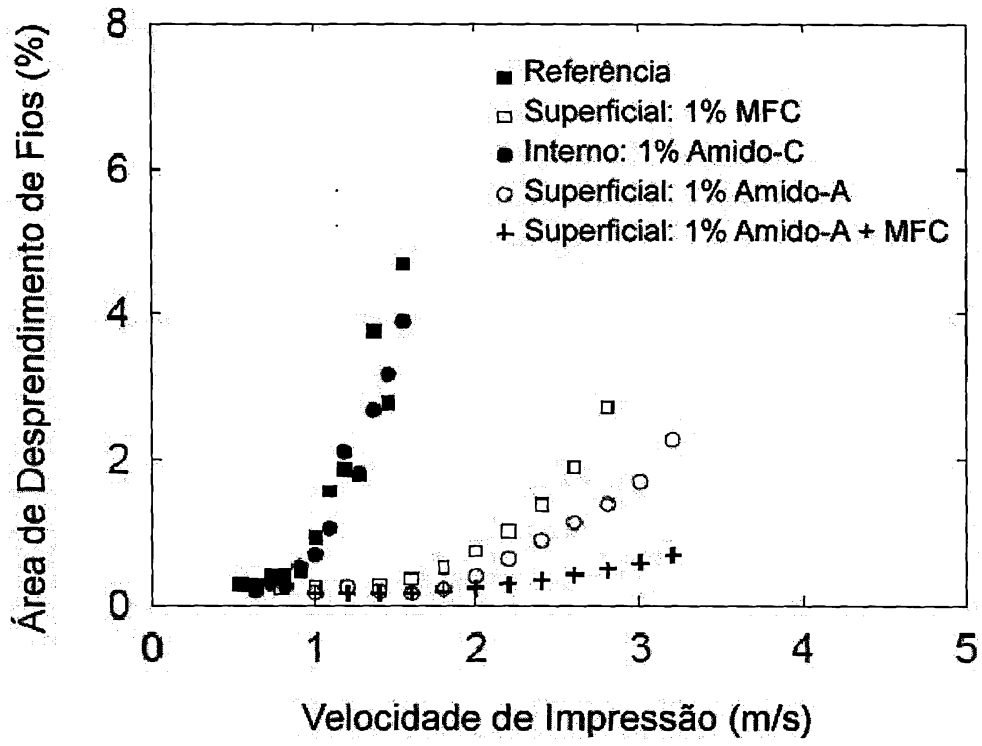


Fig. 6

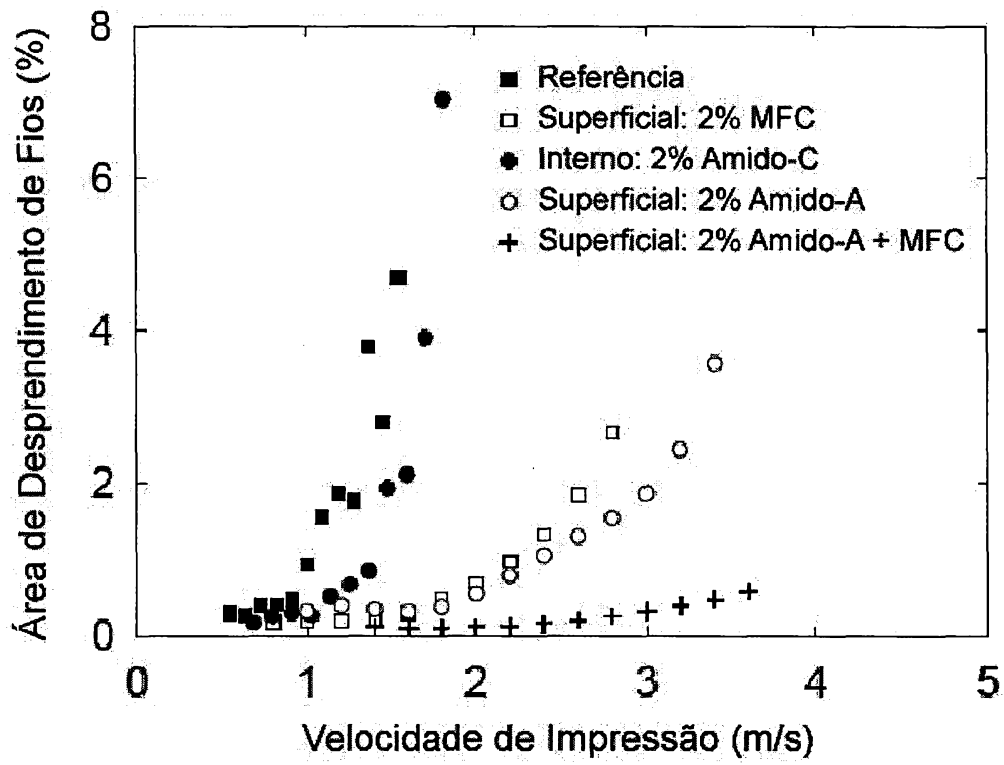


Fig. 7

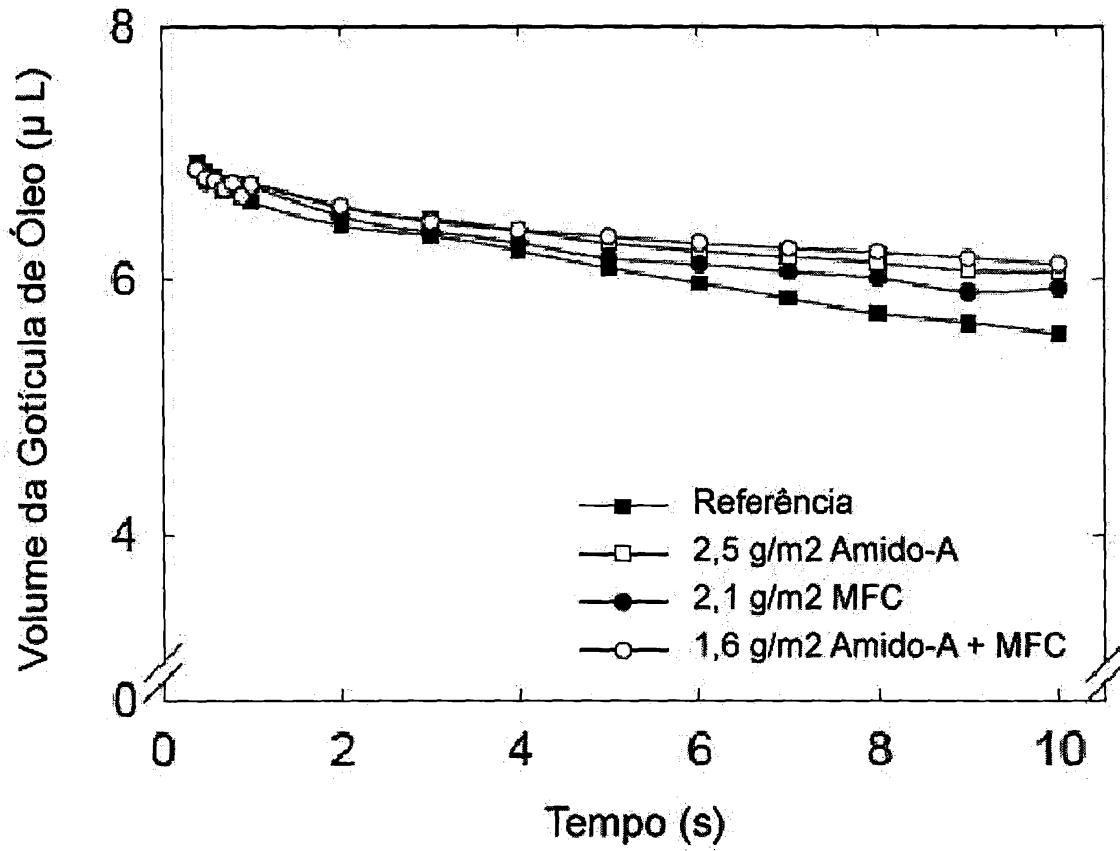


Fig. 8

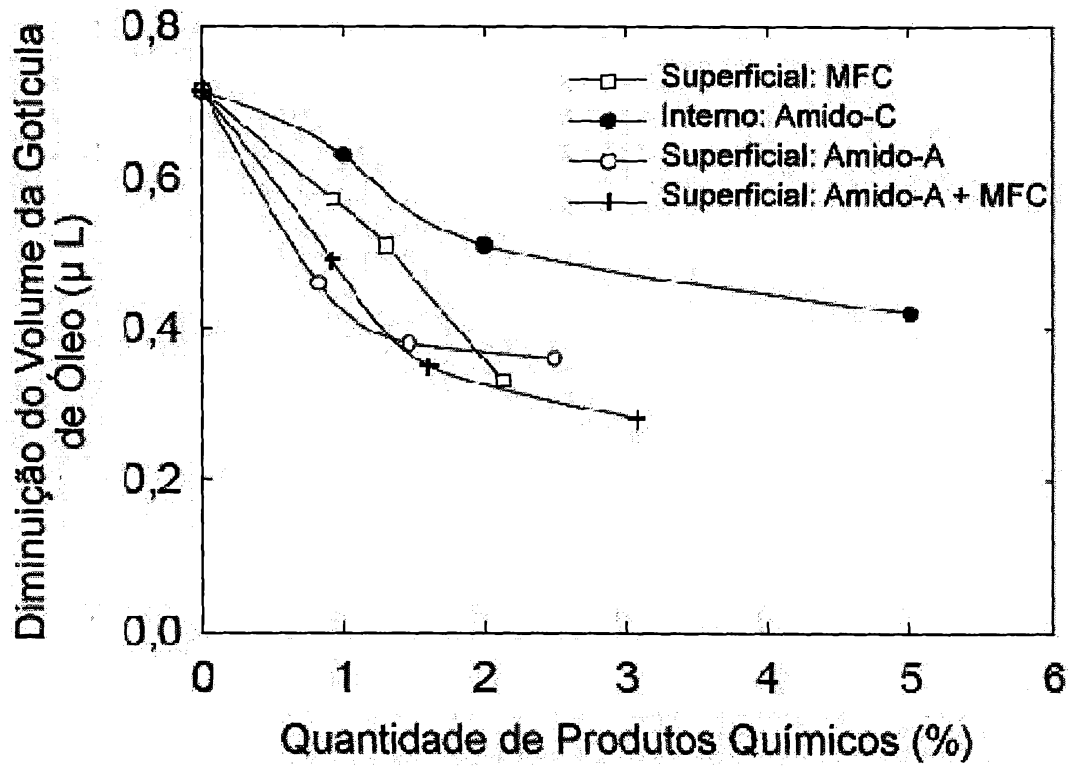


Fig. 9

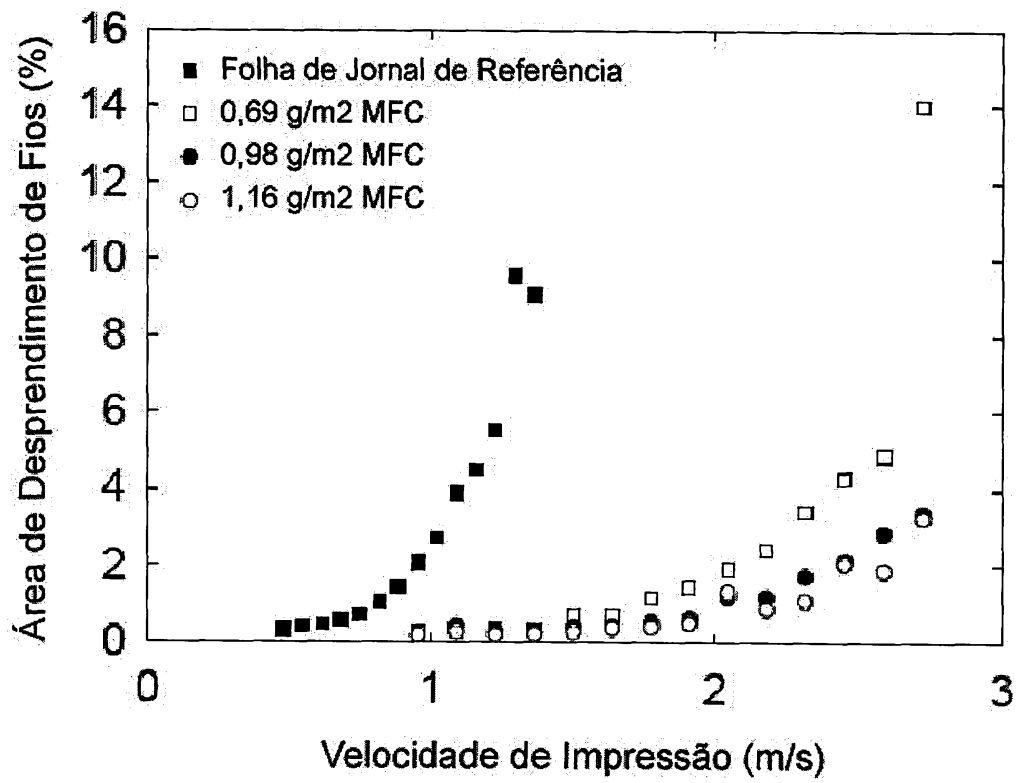


Fig. 10

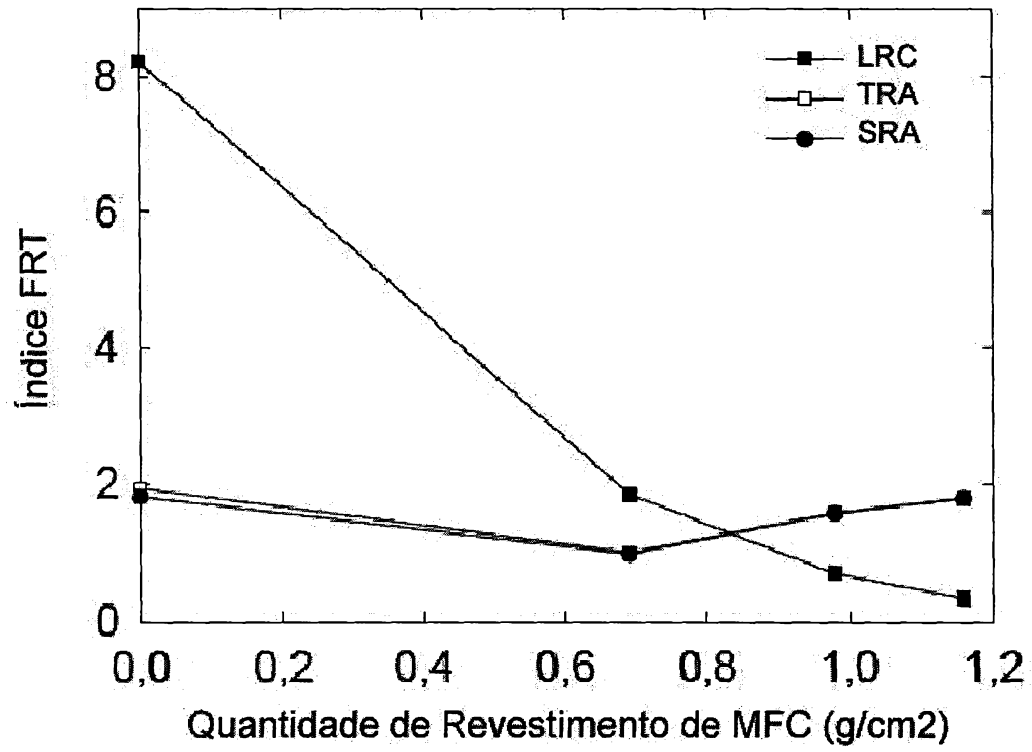


Fig. 11



Amplificação de 3000x. Largura da imagem de 391  $\mu$ m

a) Imagem BSE de uma folha de referência



Amplificação de 3000x. Largura da imagem de 391  $\mu$ m

b) Imagem BSE de uma folha revestida com 2,5 g/m<sup>2</sup> de Amido-A



Amplificação de 3000x. Largura da imagem de 391  $\mu$ m

c) Imagem BSE de uma folha revestida com 2,1 g/m<sup>2</sup> de MFC



Amplificação de 3000x. Largura da imagem de 391  $\mu$ m

d) Imagem BSE de uma folha revestida com 3,1 g/m<sup>2</sup> de MFC + Amido-A

Fig. 12



a) Imagem BSE de uma folha de referência



b) Imagem BSE de uma folha revestida com 2,5 g/m<sup>2</sup> de Amido-A



c) Imagem BSE de uma folha revestida com 2,1 g/m<sup>2</sup> de MFC



d) Imagem BSE de uma folha revestida com 3,1 g/m<sup>2</sup> de MFC + Amido-A

Fig. 13