



A influência da superfície do feltro no desaguamento

A busca do conhecimento de como a variação de pressão em micro escala tem influência na prensagem e no desaguamento da folha, levou ao estudo que apresentaremos a seguir.

Inicialmente buscou-se a caracterização da compressão e superfície do feltro em micro e macro escalas. Chamamos de micro escala as não uniformidades da superfície das fibras, pelas distâncias entre pontos de 10 a 80 μm . As distâncias entre pontos de fios de bases de feltros são chamadas de macro escalas, pois se caracterizam entre 0,2 a 2 mm.

Para caracterizar a superfície dos feltros foi utilizado o equipamento mostrado na figura 1.

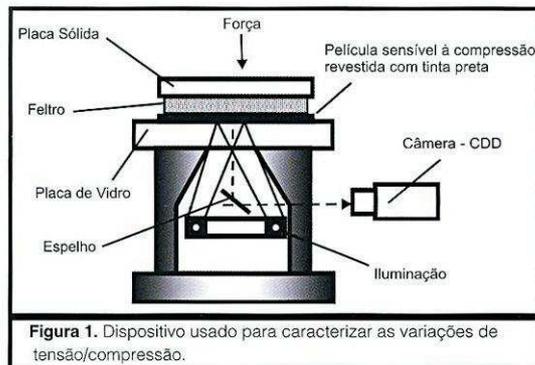


Figura 1. Dispositivo usado para caracterizar as variações de tensão/compressão.

Cada feltro foi comprimido contra uma película sensível a compressão entre duas placas lisas. Uma câmara coletava a imagem gerada na película durante a compressão. A alteração da transparência da película é sensível ao tempo, porém observou-se que após 30 segundos de aplicação da carga não havia mais modificação da imagem da película.

As imagens foram registradas em tons de cinza e transformadas utilizando funções em imagens binárias. Assim foi possível caracterizar as distâncias e o tamanho das áreas e contato, como exemplificado na figura 2. A imagem foi obtida pela aplicação de uma carga de 4,0 MPa. A primeira imagem é a escala de cinza obtida pelo método. A segunda é a inversão da primeira imagem, onde o branco representa a região de contato e o preto a área de não-contato. A terceira imagem ilustra as distâncias entre os pixels de contato e os de não-contato. Neste exemplo, a maior distância foi de 200 μm .

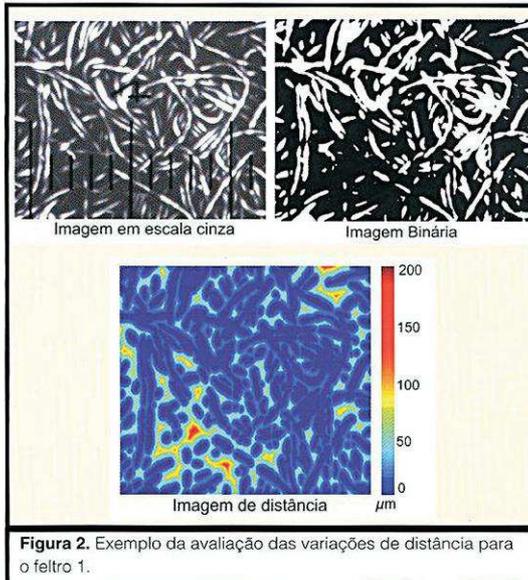


Figura 2. Exemplo da avaliação das variações de distância para o feltro 1.

A tabela 1 mostra os parâmetros usados para caracterização de contato. Para conhecer a influência dos parâmetros de caracterização dos feltros foram produzidos quatro feltros com diferentes características. Estes feltros foram testados em uma máquina piloto na EuroFEX (STFI-Packforsk, Estocolmo). A configuração escolhida foi de três *nips* de prensa, sendo o primeiro *nip* duplamente feltrado e seguido de dois *nips* de prensas de sapata com feltro único.

Os testes foram realizados no segundo *nip* de prensa ajustado a 600 kN/m de carga linear e inclinação (tilt) de 1,0 e velocidade de 600 m/min. Os *nips* de 1ª e 3ª prensas foram ajustados de tal forma a não interferir no desaguamento e garantir apenas a transferência da folha.

Foram escolhidas duas diferentes polpas para avaliação: polpa química branqueada (40% fibras longas e 60% fibras curtas) e polpa termomecânica (TMP, 83 CSF). Para a polpa química foram realizados testes com as gramaturas: 30, 45, 60, 80 e 100 g/m², ao passo que as gramaturas das folhas de TMP foram 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 100 g/m². Os teores secos da entrada na 2ª prensa foram 21,9% para polpa química e 17,1% para TMP.

TABELA 1

Razão de área de contato (%)
Distância média entre um pixel de não-contato e o pixel mais próximo de contato (μm)
Área aberta de interface calculada como o quadrado da distância média vezes π (μm^2)
Ângulo de inclinação da distribuição cumulativa baseada nos valores entre a distância zero e a distância média (μm^{-1})
Índice de perímetro: definido como o total perímetro de contato dividido pela área medida (mm^{-1})
Índice de perímetro específico definido como o perímetro total das áreas de contato dividido pela área de contato (mm^{-1})
Desvio padrão da carga aplicada (Mpa)

TABELA 2

Feltro número	1	2	3	4
Fibra superior	280 g/m ² de fibras de diâmetro 78 μm	280 g/m ² de fibras de diâmetro 61 μm	280 g/m ² de fibras de diâmetro 43 μm	280 g/m ² de fibras de diâmetro 22 μm
Fibras intermediárias	420 g/m ² de 78 μm			
Base	500 g/m ² multiaxial			
Fibras face inferior	280 g/m ² de 78 μm			

Para avaliar a qualidade de previsão dos diferentes parâmetros de caracterização de contato em relação ao desaguamento, foi formulado um modelo multidimensional para cada tipo específico de polpa e condições operacionais para teores secos, gramatura de folha, e um parâmetro de caracterização de contato. O modelo foi gerado no software MODDE 6,0 (Umetrics AB). Os feltros utilizados para caracterização e para os testes em máquina piloto estão descritos na tabela 2.

RESULTADOS:

A figura 3 mostra o resultado da distribuição cumulativa das distâncias dos quatro feltros. A avaliação ficou dentro do esperado, uma vez que os feltros com fibras mais finas na superfície tiveram menores distâncias médias, maiores áreas de contato e maior ângulo de inclinação, quando comparados com os de fibras mais grossas. É normal que as fibras mais finas tenham maior quantidade que as fibras mais grossas para as mesmas gramaturas de manta, assim elas terão maior área de contato e menor distância média, bem como maior ângulo de inclinação. Os valores dos parâmetros de caracterização de contato estão relacionados na Tabela 3. Descobriu-se que a distância média variava com um fator de dois (32 / 15,8) ao se comparar as fibras de manta com superfície de 78 μm ao feltro com fibras 22 μm .

A razão da área de contato variou entre 32,7 e 52,8%. Isto ficou de acordo com o que pode ser encontrado na literatura de referência. A diferença no desvio padrão da carga aplicada ficou entre 6,0 e 7,5 MPa, utilizando-se fibras de manta de superfície de 22 e 78 μm , surpreendentemente baixa quando comparada a estudos anteriores.

O motivo para a variação baixa foi atribuído em parte à

utilização de base muito uniforme, e parte à alta resolução espacial.

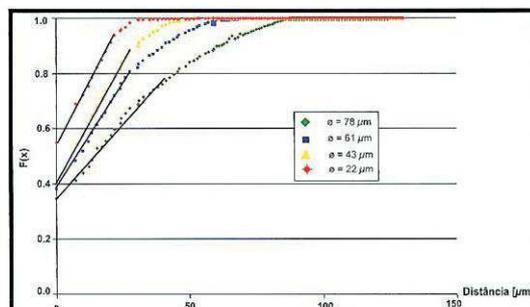


Figura 3. Distribuição cumulativa de distância dos quatro feltros com diferentes diâmetros de fibra de superfície: carga média de 4MPa, resolução espacial de 6,3 mm.

Os valores do índice de perímetro foram mais elevados do que foi recentemente relatado na literatura, o que pode ser explicado pela utilização de manta de fibras com superfície mais fina e maior resolução espacial na análise de imagem.

TABELA 3. Valores de parâmetros de caracterização de contato avaliados a uma carga de 4,0 MPa e resolução espacial de 6,3 μm

Fibras de superfície	78 μm	61 μm	43 μm	22 μm
Razão de área de contato (%)	32,7	35,9	40,6	52,8
Distância média (μm)	32	27,1	23,9	15,8
Área aberta de interface (μm^2)	3217	2307	1795	784
Inclinação (μm^{-1})	0,0133	0,0166	0,0181	0,0256
Índice de perímetro específico (mm^{-1})	36,7	42,6	49,9	55,2
Índice de perímetro (mm^{-1})	12	15,3	20,3	29,1
Desvio padrão da carga aplicada (Mpa)	7,5	7,4	7,1	6

A figura 4 mostra os valores de teor seco obtidos após

a 2ª prensa para polpa química e para TMP com os diferentes feltros em função das gramaturas e folha. Os resultados de testes pilotos estão representados com os símbolos cheios. Já os símbolos vazados representam os valores previstos utilizando o modelo tridimensional que usa o parâmetro das distâncias médias de caracterização de contato.

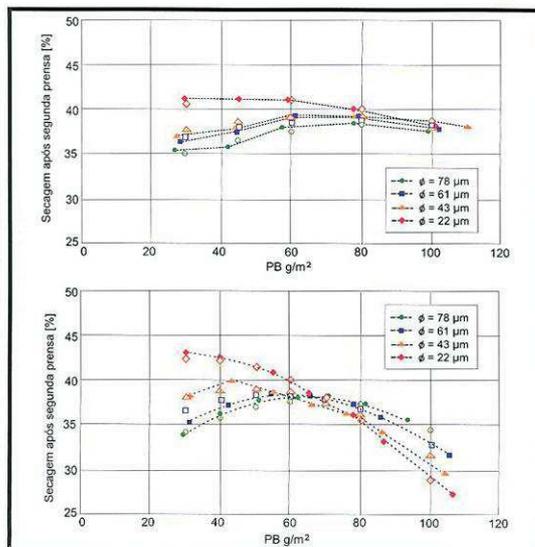


Figura 4. Os índices de teor seco da polpa química (superior) e de TMP (inferior) após o *nip* da segunda prensa como função da gramatura e diâmetro de fibra de manta.

Os resultados mostram diferentes comportamentos para as polpas. As folhas de TMP são mais sensíveis ao projeto de feltros e também à gramatura da folha. Os feltros apresentaram desaguamentos diferentes em função das gramaturas, com pontos de inflexão em gramaturas diferentes. O maior teor seco foi obtido com um feltro de superfície mais fina. De um modo geral, os feltros de superfície mais fina apresentaram maior teor seco em gramaturas mais baixas. Em maiores gramaturas, os feltros de superfície mais grossa apresentaram maior teor seco. A figura 5 representa índices de teor seco em função das distâncias médias para diferentes gramaturas de folha somente para folhas de TMP.

A gramatura de 73 g/m² foi o ponto de inflexão, onde a partir dela os feltros com superfície mais grossa apresentam maior desaguamento. Esta gramatura foi chamada de PB de transição. O PB de transição depende das condições operacionais como carga linear, velocidade de máquina, configuração de *nip* e tipo de polpa. Para a folha de polpa química com folhas de 30 a 100 g/m² os maiores índices de teor seco foram obtidos com feltro de superfície mais fina. As maiores diferenças ocorreram com folhas de 30 g/m². Para folhas de 100 g/m² a diferença de teor seco foi muito pequena para

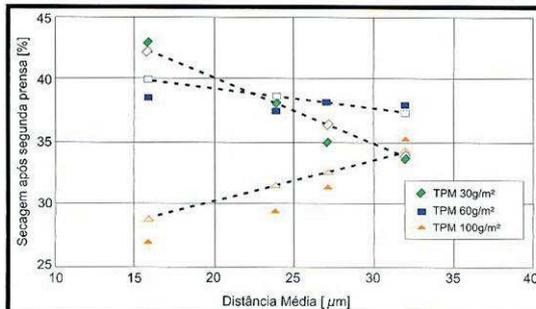


Figura 5. Teor seco como função da distância média para gramatura de folha de 30, 60 e 100 g/m². Os símbolos cheios representam a secagem medida; os vazados representam os valores previstos de secagem; 600 kN/m, 600 m/min, TPM.

todos os feltros. O PB de transição previsto para polpa química, utilizando-se modelos multidimensionais, ficou em 105 g/m². O valor de R² (correlação) do modelo multidimensional foi utilizado para avaliar a qualidade da previsão dos diferentes parâmetros de caracterização de contato em relação ao desaguamento. A Fig. 6 resume os valores de R² para cada parâmetro de caracterização de contato abaixo e acima do PB de transição.

Abaixo do PB de transição, descobriu-se que, em relação à polpa química, os parâmetros de caracterização com os maiores valores de R² eram os graus de inclinação da distribuição cumulativa da distância e a razão da área de contato. Em relação à TMP abaixo do PB de transição (30 a 73 g/m²), o índice de perímetro e a razão da área de contato apresentaram os maiores valores de R². Acima do PB de transição (TMP, 73 a 100 g/m²), descobriu-se que a área aberta de interface e o índice de perímetro específico proporcionavam os maiores valores de R². Isto indica que diferentes parâmetros de caracterização de contato são relevantes para diferentes gramaturas.

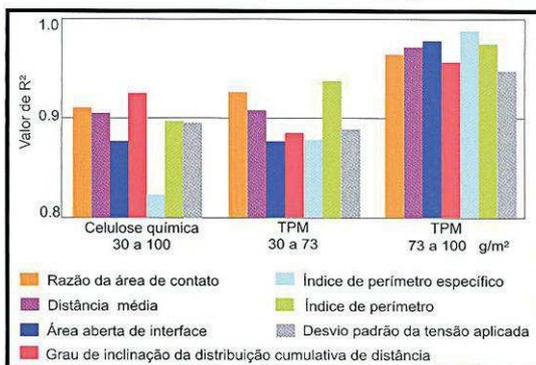


Figura 6. Valores de R² do modelo multidimensional para cada parâmetro de caracterização de contato.

Os parâmetros importantes de caracterização de contato acima e abaixo do PB de transição, e suas implicações para o design do feltro, são apresentados na Tabela 4.

TABELA 4. Parâmetros de caracterização de contato que proporcionam bom desagumamento abaixo e acima do PB de transição.

Abaixo do PB de transição	Acima do PB de transição
Alta razão de área de contato	Alto valor de área aberta de interface (grande abertura)
Alto valor de inclinação da distribuição cumulativa (pequenas distâncias) entre áreas de contato.	Baixo valor de índice de perímetro (poucas e grandes áreas de contato)
Alto valor de índice de perímetro (muitos pontos e pequenas áreas)	

CONCLUSÕES:

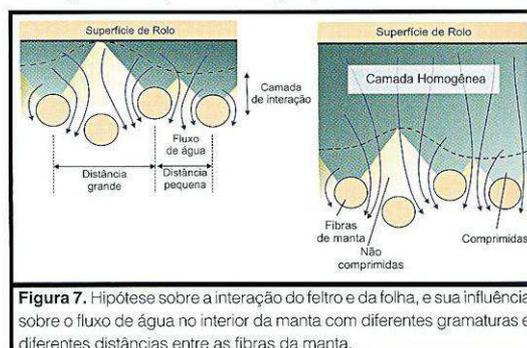
Foram analisadas as variações de pressão em um conjunto de quatro feltros com diferentes diâmetros de fibra de manta e aplicado um novo método para quantificar as variações de pressão. Foram utilizados diferentes parâmetros que caracterizam as variações de pressão para descrever a extensão, o tamanho das áreas de contato e a distância entre elas. Como esperado, os quatro feltros apresentaram diferenças consideráveis em seus comportamentos de contato.

Os parâmetros de caracterização de contato descreveram o comportamento de desagumamento dos diferentes feltros testados. Formulou-se um modelo multidimensional para um determinado tipo de polpa e um conjunto de condições operacionais baseados na secagem medida, na gramatura da folha e nos parâmetros de caracterização de contato. O desagumamento foi influenciado principalmente pelo diâmetro das fibras da manta da superfície do feltro e pela gramatura da folha. Os parâmetros de caracterização de contato relativos ao tamanho das áreas de contato e à distância entre elas proporcionaram a melhor previsão-modelo para folhas de gramaturas baixas, enquanto os parâmetros relativos ao tamanho das aberturas proporcionaram a melhor previsão-modelo para folhas de maior gramatura.

Os resultados de desagumamento apresentados pelos diferentes feltros variaram consideravelmente conforme a gramatura, especialmente em relação à TMP. Foi descoberta a existência de um PB de transição quando o diâmetro superficial das fibras da manta não exercia influência sobre o resultado do desagumamento. Abaixo do PB de transição, uma superfície mais fina de manta proporcionou um desagumamento consideravelmente melhor, enquanto a tendência oposta foi observada acima do PB de transição. Com uma gramatura de folha cada vez maior, o teor seco obtido caía significativamente. Estes resultados estão em conformidade com o trabalho de Chang, que descobriu diferentes resultados de desagumamento para mantas de gramaturas diversas, porém feitas de polpas idênticas. Chang explicou este efeito através de uma camada de interface de alta densidade na folha, próxima à superfície do feltro

úmido, restringindo a quantidade de água que sai da folha durante a prensagem úmida a uma gramatura mais alta. Chang denominou esta condição de prensagem "controlada pela interface".

Em geral, a pressão mecânica aplicada no *nip* da prensa é transferida localmente pelas fibras da manta sobre a folha. Isto resulta em áreas comprimidas sobre o feltro. As áreas menos comprimidas, localizadas entre as comprimidas, são linhas principais de fluxo devido à sua permeabilidade consideravelmente maior. Elas se tornam cada vez mais importantes quando quantidades maiores de água devem ser removidas, isto é, a uma gramatura maior ou no primeiro *nip* de uma seção de prensa. Contudo, a menor compressão nestas áreas também significa que elas terão teor seco consideravelmente menor quando comparada ao teor seco na folha, uma vez que a água é apenas parcialmente comprimida para fora delas. Sugerimos que a espessura da camada de interação na folha varia conforme o comportamento de contato do feltro. Um feltro úmido, com superfície mais fina e pequena distância entre as áreas de contato, cria uma camada menos espessa na folha (veja o lado direito do diagrama esquerdo na Fig. 7).

**Figura 7.** Hipótese sobre a interação do feltro e da folha, e sua influência sobre o fluxo de água no interior da manta com diferentes gramaturas e diferentes distâncias entre as fibras da manta.

Abaixo do PB de transição, uma camada fina de interação é desejável para minimizar a porção de área não-comprimida. Acima do PB de transição, uma camada mais espessa de interação, com áreas não-comprimidas maiores, é necessária para facilitar o fluxo de água para fora da folha. Para concluir, podemos afirmar que para cada gramatura de folha, tipo de polpa e conjunto de condições operacionais, um comportamento específico de contato de feltro é necessário para que se possa obter o melhor desempenho de desagumamento. Contudo, devemos ter em mente, especialmente em relação às folhas de gramaturas baixas combinadas a feltros mais ásperos, que os valores baixos de teor seco também podem ser parcialmente gerados por uma quantidade relativamente grande de reumedecimento de separação devido à presença de grandes poros cheios de água compartilhados entre a folha e o feltro.

No futuro, as informações fornecidas pelo método serão utilizadas em um modelo do processo de prensagem úmida. Além disso, serão utilizadas para aperfeiçoar o feltro no que diz respeito ao seu comportamento de contato em diferentes situações de desagumamento.

AGRADECIMENTOS

Esta investigação é parte de um programa conjunto de pesquisas realizado pela Albany International Corp. e o grupo de pesquisas sobre "desagumamento mecânico eficiente" do Instituto Sueco de Pesquisas sobre Polpa e Papel (STFI – Packforsk).

Os autores Jörgen Gullbrand e Hannes Vomhoff expressam seus agradecimentos à estas instituições e ao apoio fornecido pela Agência Nacional de Energia da Suécia (STEM).

REFERÊNCIAS

- [1] MacGregor, M.A., "Wet Pressing Research in 1989 — An Historical Perspective, Analysis, and Commentary," Transaction of 9th Fundamental Research Symposium, Cambridge, England, 511-586 (1989).
- [2] Smart, F.R., "Water Removal Performance on a Grooved Second Press, Part 1," Paper Technology and Industry 16:3, T112-117 (1975).
- [3] Oliver, J.F., and Wiseman, N., "Water Removal in Wet Pressing: The Effect of Felt Roughness," Pulp and Paper of Canada, Trans. Tech. Sect. 79:4 (December) TR1 04-1 09 (1978).
- [4] Yamamoto, H., "Effect of Uniformity of Pressure Application on the Moisture Content of a Wet Paper Sheet in Pressing," Organization of Felt Industries Europe, The Hauge, Netherlands, 18p (1978).
- [5] Sze, D.H., "Measuring Wet Press Felt Pressure Uniformity and its Effects on Sheet Solids," Tappi J. 69:4, 120-124 (1986).
- [6] Jackson, G.W., "Press Felt Characterization and Sheet Dewatering," Tappi J. 72:9, 103-1 07 (1989).
- [7] McDonald, J.D., and Pikulik, I. I., "Felt Construction and Water Removal in a Press Nip," Tappi Engineering Conference, 869-876 (1992).
- [8] Loutonen, A., and Sämpi, J., "Dewatering in Double Wire Pulp Machine — Press Theory and Test Results," Tappi Engineering Conference, 641-649 (1995).
- [9] Fekete, E.Z., and Wiebe, K.M., "The Limits of Pressing," Tappi J. 82:11, 81-87 (1999).
- [10] I'anson, S.J., and Ashworth, T., "Differentiated Permeability Surface Layer (DPSL) Pressing Theory," Tappi Journal, November 2000.
- [11] Gullbrand, J., and Vomhoff, H., "A New Method for the Characterisation of Micro-scale Stress Variations of Press Felts," Nord. Pulp Pap. Res. J. 18(1), 18-23 (2003).
- [12] McDonald, J.D., Pikulik, I. I., Ko P.L., and Owston, T.H., "Optimizing Market Pulp Felt Design for Water Removal," Journal of Pulp and Paper Science 28: 1, Ji 7- J22 (2002).
- [13] Wicks, L., "The Influence of Pressing on Sheet Two-sidedness," Tappi Eng. Conf., 3-8 (1982).
- [14] Szikla, Z., and Paulapuro, H., "Changes in Z-direction Density Distributions of Paper in Wet Pressing," J. Pulp Pap. Sci. 15:1, J11-J17 (1989).
- [15] Burns, J.R., Lindsay, J.D., and Conners, T.E., "Dynamic Measurement of Stratified Consolidation in a Press Nip," Tappi J. 76:8, 87-95 (1993).
- [16] Chang, N.L., "Dynamic Compression of Handsheets," Tappi Eng. Conf., 93-106 (1978).
- [17] MacGregor, M.A., "A Description of Sheet Stratification Caused by Wet Pressing," Tappi Journal 66 (6), 53-57 (1983).
- [18] Vomhoff, H., "Model Experiments on Wet Pressing — the Influence of Felt Surface Structure," Nord. Pulp Pap. Fies. J., 1: 54-60 (1997).
- [19] Norman, B., "On the Mechanisms of Dewatering in the Twin-wire and Press Section," Nord. Pulp Pap. Res. J., 39-46 (1987).
- [20] Szikla, Z., "Role of Felt in Wet Pressing; Part II: Movement of Water During the Separation of Paper from Felt," Pap. Puu 73:2, 160-1 66~ (1991).
- [21] Kaneko, J., Okabe, M., and Shimizu, Y., "Newly Developed Methods to Estimate the Felt Contact Surface," Tappi Engineering Conference, 767-774 (1993).