

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE MÃO: DAS LIMITAÇÕES À COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DISPONÍVEIS

Mendes, A ¹, Ataíde, J. M ², Ferreira, P. ¹

INTRODUÇÃO

O volume específico do papel, usualmente designado por Índice de Mão, é uma das propriedades mais utilizadas para caracterizar o papel, porque é facilmente relacionável não só com a estrutura macroscópica da folha e a correspondente qualidade percebida sensorialmente como ainda com um grande conjunto de outras propriedades estruturais e também ópticas e de resistência mecânica. Por este facto, é uma propriedade diferenciadora e decisiva na avaliação do potencial papeleiro das pastas e da qualidade dos papéis, pelo que a sua determinação faz parte de todos os planos de inspecção e ensaio nas fábricas de pasta e de papel.

O índice de mão de uma folha depende do tipo de fibras e das características da pasta, do tipo de cargas e outros aditivos, e ainda também de todo o processamento a que o “furnish” é submetido desde a refinação ao acabamento. Já o correspondente valor determinado laboratorialmente (e usado como parâmetro de controlo da qualidade), depende, além dos factores referidos, da forma como é determinado, sendo praticamente universal o recurso à relação Índice de Mão = Espessura/Gramagem. Usualmente, a espessura é medida num micrómetro de alta precisão, de acordo com a norma ISO 534, enquanto a gramagem é calculada segundo a norma ISO 536. Porém, não obstante o recurso a procedimentos normalizados, podem existir variações significativas no valor do índice de mão de uma dada folha, decorrentes do processo de formação, de erros de pesagem e de desvios na medição da sua espessura, o que se torna crítico ao comparar os resultados de diferentes laboratórios e ao avaliar a qualidade de uma dada pasta e/ou papel. No caso da espessura, o que realmente se quantifica é a “espessura aparente” das folhas, dada a irregularidade da sua superfície, que é mais ou menos rugosa, podendo haver diferenças acentuadas consoante a forma como as folhas são preparadas e consoante o ponto das folhas em que se efectua a medição dessa espessura.

O trabalho realizado visa a comparação do método baseado na norma ISO 534 para a medição do índice de mão com outros métodos alternativos que têm sido propostos mas que são menos utilizados, e que se distinguem fundamentalmente pela forma como é medida a espessura das folhas. Pretende-se também analisar o efeito do estado da matéria-prima e do processo de formação das folhas (no caso, folhas laboratoriais) na medição do índice de mão e ainda avaliar o erro de cada método e a interacção do índice de mão com outras propriedades, como sejam a rugosidade das folhas e a sua porosidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foi utilizada uma pasta kraft de eucalipto, branqueada, fornecida em fardo e em suspensão e depois sujeita a refinação laboratorial PFI para 30°SR. Com a pasta refinada foram preparadas folhas laboratoriais isotrópicas com diferentes procedimentos de prensagem e calandragem, conforme se indica na Tabela 1. As folhas do tipo A foram obtidas seguindo o procedimento padrão usualmente utilizado (ISO 5269/1).

O índice de mão das diferentes folhas foi determinado com base nos métodos indicados na Tabela 2. A porosidade das folhas foi obtida no porosímetro Poresizer 9320 (Micromeritics) e a rugosidade foi medida de acordo com a norma ISO 8791 num rugosímetro Bendtsen (Lorentz&Wettre).

¹ Departamento de Engenharia Química, Universidade de Coimbra, Portugal; Tel. +351.239.798.747; Fax. +351.239.798.703; E-mail. paulo@eq.uc.pt.

² Portucel – Fábrica de Setúbal, Portugal.

Tabela 1 – Procedimento de formação das folhas laboratoriais

Tipo de folha	Prensagem	Calandragem
A	Disco metálico numa face; Mata-borrão na outra face	Sem calandragem
B	Mata-borrão nas duas faces	Sem calandragem
C	Mata-borrão nas duas faces	Calandragem nas 2 faces (P=70 N/mm)
D	Mata-borrão nas duas faces	Calandragem só numa face (P=70 N/mm)
E	Mata-borrão nas duas faces	Calandragem nas 2 faces (P=40 N/mm)

Tabela 2 – Métodos usados para a determinação do índice de mão (IM)

M1	IM = Espessura/Gramagem	Espessura <u>aparente</u> medida num micrómetro (ISO 534)
M2	IM = Espessura/Gramagem	Espessura <u>aparente</u> medida por perfilometria laser (ISO 4287)
M3	IM = Espessura/Gramagem	Espessura <u>efectiva</u> dada por $t_{eff} = (S_b + 12/St)^{1/2}$, onde S_b – rigidez bending (Nm); St – rigidez à tracção (N/m) (1)
M4	IM = Espessura / Gramagem	Espessura <u>aparente</u> medida num micrómetro com película de borracha (Neoprene) aplicada no cabecete (Tappi T551)
M5	Porosimetria de Mercúrio	O índice de mão é o inverso da massa volúmica <i>bulk</i> obtida à pressão mínima de intrusão de mercúrio

(1) Setterholm, V.C; 1974 – “A New Concept in Paper Thickness Measurement”; *TAPPI Journal*, 57 (3), 164.

RESULTADOS

Os resultados apresentados nas tabelas seguintes correspondem, no geral, à média de pelo menos 3 medições.

Tabela 3 – Índice de mão (IM) e rugosidade (média das 2 faces) de folhas do tipo A preparadas a partir da pasta em suspensão e da pasta em fardo

	Pasta em suspensão	Pasta em fardo
IM (cm ³ /g) – Método M1	1,33	1,38
IM (cm ³ /g) – Método M4	1,28	1,32
Rugosidade Bendsten (ml/min)	380	350

Tabela 4 – Índice de mão (IM), rugosidade (média das 2 faces) e porosidade de folhas preparadas a partir da pasta em suspensão segundo os diferentes procedimentos indicados na Tabela 1

	Tipos de folhas				
	A	B	C	D	E
IM (cm ³ /g) – Método M1	1,34	1,50	0,92	0,96	0,95
Rugosidade Bendsten (ml/min)	340	720	30	50	30
Porosidade total (%)	36,6	42,2	30,4	31,7	31,3
Porosidade superficial (%)	13,2	18,1	8,8	8,8	7,3

Da Tabela 3 conclui-se que o índice de mão medido em folhas de pasta em fardo é superior ao índice de mão medido em folhas de pasta em suspensão, embora as diferenças na rugosidade não sejam significativas. Por sua vez, os valores da Tabela 4 indicam que o

método de preparação das folhas afecta muito a sua rugosidade e porosidade e, consequentemente, também o índice de mão, o qual é tanto maior quanto maior o valor destas propriedades. Por outro lado, conclui-se que não se devem preparar folhas sem disco metálico: no caso de não serem calandradas (tipo B) a rugosidade das mesmas é excessiva e o índice de mão também é muito elevado; no caso de serem calandradas ocorre uma compactação substancial da matriz fibrosa de tal forma que quer a rugosidade quer o índice de mão são bastante reduzidos e afastados dos valores dos demais tipos de folhas. Do confronto das folhas dos tipos C e E verifica-se que uma redução de quase 50% na pressão de calandragem não tem um efeito significativo no aumento da porosidade e do índice de mão. Os resultados confirmam também que a redução da porosidade total da folha com a calandragem ocorre sobretudo devido à acentuada redução da porosidade superficial. O estudo efectuado mostra ainda que existe uma boa correlação entre a porosidade superficial e a rugosidade (Bendtsen) para os vários tipos de folhas ($R^2=0,97$).

Tabela 5 – Índice de mão (IM) de folhas do tipo A preparadas a partir da pasta em suspensão, medido segundo os diferentes métodos indicados na Tabela 2

IM	Métodos de determinação do Índice de Mão				
	M1 (ref ^a)	M2	M3	M4	M5
Média (cm ³ /g) CV (%)	1,31 0,99		1,23 8,10	1,27 0,85	
Média (cm ³ /g) CV (%)	1,36 0,40	1,31 4,20			
Média (cm ³ /g) CV (%)	1,30 1,1 ^o				1,25 1,10

A determinação do índice de mão com base na medição da espessura por perfilometria (método M2) ou com base no cálculo da “espessura efectiva” (método M3) não é aconselhável porque os coeficientes de variação são elevados e superiores aos dos outros métodos (Tabela 5). Os métodos M1 e M2 conduzem também a valores inferiores aos do método de referência (método M1). A utilização da película de neoprene na medição da espessura (método M4) reduz substancialmente a influência da rugosidade das folhas nessa medição, o que faz com que o correspondente coeficiente de variação seja o mais reduzido, embora se obtenham valores um pouco inferiores aos do método M1. Quanto à determinação do índice de mão com a porosimetria de mercúrio (método M5), os valores obtidos são um pouco menores do que os do método M1 mas a variabilidade dos resultados é semelhante. Com o método M5 o índice de mão não depende da medição da espessura, o que é uma vantagem, além de se poder também obter informação quanto à porosidade e à massa volumica aparente das folhas. Os resultados obtidos com todos os tipos de folhas mostram que os métodos M4 e M5 correlacionam muito bem com o método M1 ($R^2=0,99$ e $R^2=0,97$, respectivamente), contrariamente aos métodos M2 e M3 ($R^2=0,71$ e $R^2=0,78$, respectivamente). O estudo realizado evidenciou ainda que, em folhas preparadas da mesma forma a partir da mesma pasta, é muito mais importante o ponto do plano da folha do que a face (lisa ou rugosa) ou a folha em que se efectua a medição da espessura, quando se utiliza o método M1 convencional (método M1).