

Propriedades dos Papéis para a Impressão Gráfica

Parte I

Por
Edison da Silva Campos
Tecnologia e Ambiente -
Riocell S.A.

Muitos dos problemas que surgem durante o processo de impressão gráfica estão relacionados às propriedades físico-químicas do papel. Por isso, é imprescindível que o profissional do setor papelero, bem como o gráfico e o usuário do papel conheçam essas características, detalhadas neste artigo.

Os assuntos relacionados às propriedades dos papéis já foram abordados exaustivamente por muitos autores. Livros inteiros tratam desses assuntos e mesmo revistas especializadas trazem sempre novos artigos e comentários que analisam as propriedades do papel sob novos enfoques ou sob o enfoque de novas tecnologias. O papel é cada vez mais tratado como um material de engenharia e como tal deve permitir diversos tipos de ensaios que possam garantir a sua utilização sem a ocorrência de não conformidades.

Este artigo, em especial, busca focar tão somente aquelas propriedades que interessam ao profissional da impressão gráfica e, obviamente, pela sua forma condensada de apresentação, não se permitirá ser completo. Não obstante, pretende-se que seja prático e que possa trazer algum benefício às atividades ligadas à impressão gráfica de forma a propiciar uma melhoria de qualidade no seu processo e produto final.

Esta abordagem, direcionando o tratamento das propriedades para o ramo gráfico, não é comum em trabalhos deste tipo; geralmente as propriedades são analisadas de uma forma mais genérica. Fazendo uma revisão literária sobre o assunto, encontramos maneiras diferentes de classificação das propriedades do papel. Por exemplo, SCOTT & TROSSET no livro "Propriedades do Papel - Uma Introdução", editado pela Tappi, classificam essas propriedades em:

a) Propriedades estruturais - gramatura, espessura, formação, direcionalidade, dupla face, permeância ao ar e aspereza;

b) Propriedades mecânicas - tração, alongação, estouro (arrebentamento), rasgo, dobras duplas e rigidez.

c) Propriedades de aparência - reflectância, transmitância, brancura, alvura, brilho, transparência e opacidade.

d) Propriedades relacionadas à influência do ambiente - umidade, estabilidade dimensional e permanência.

e) Propriedades relacionadas à penetração de fluidos no papel - resistência do papel à penetração de gases, água, vapor de água, óleo, graxas e outros produtos químicos.

CASALS, em seu livro "Características do Papel", classifica essas

propriedades em três grandes grupos:

a) Propriedades intrínsecas do papel - cor, brancura, alvura, brilho, opacidade, porosidade (permeância ao ar), lisura (aspereza), gramatura, densidade aparente, dureza, compressibilidade, uniformidade de espessura (espessura), estabilidade dimensional, colagem e estrutura interna (formação).

b) Propriedades que influem diretamente na impressão - umidade absoluta e relativa, absorvência, acidez ou alcalinidade, direção de fibra (direcionalidade), limpeza superficial, planicidade, esquadro, resistência à formação de bolhas, resistência à tração, resistência a úmido, resistência ao rasgo interno e inicial, e resistência ao arrancamento superficial.

c) Propriedades que influem no produto impresso - dobras duplas, resistência ao alongamento, resistência ao arrebentamento, resistência à abrasão, resistência ao deslizamento, rigidez à flexão, resistência à água, permeabilidade ao vapor d'água, permeabilidade às graxas, resistência à luz e resistência ao calor.

Tanto uma classificação como a outra pode ser aceita como referencial, sendo que a segunda foi concebida visando auxiliar o profissional do ramo gráfico. Por esta razão, será adotada para fins de organização das informações apresentadas neste artigo, algumas das abordagens vistas na primeira classificação. No entanto, serão utilizados alguns termos já consagrados no mundo papelero, ao invés daqueles citados por CASALS, como aspereza por lisura, por exemplo, conforme já foi representado dentro dos parênteses, ao lado de cada propriedade. A denominação em inglês será apresentada ao lado da denominação em português de cada propriedade.

Muitas das definições e comentários foram diretamente traduzidos ou transladados dos originais que serviram de fonte bibliográfica para este trabalho; no entanto, sempre que possível são enriquecidos com a experiência adquirida pelo autor em sua vida profissional dedicada ao papel.

É importante ressaltar que os ensaios de papel para determinação de suas propriedades devem ser conduzidos em um ambiente mantido à

palavras, o aparelho é constituído de uma fonte de luz que incide sobre o papel e de uma célula fotoelétrica que mede a luz refletida. A medição da opacidade é dada em percentual (%). Existem vários tipos de opacímetros como o Elrepho e o Datacolor, por exemplo. Como padrão de especificação da opacidade pode-se citar: min. 63% (40 g/m²); min. 67% (45 g/m²); min. 70% (50 g/m²); min. 75% (60 g/m²) e min. 80% (de 70 a 90 g/m²) - DIN 6721 (formulários contínuos).

Permeância ao ar [air permeability]

Muito do ar no papel reside nos poros da estrutura da folha, enquanto o restante está presente no interior das fibras. A relação percentual entre o somatório dos volumes dos poros em relação ao volume total de uma folha é chamado de porosidade da folha. A porosidade é ocasionalmente utilizada em estudos de laboratórios, ao passo que uma propriedade relativa, permeância ao ar, é frequentemente utilizada em ambientes industriais.

A permeância ao ar é definida como a propriedade do papel que permite fluir através da folha um fluxo de ar sob uma diferença de pressão conhecida. A permeância ao ar é importante para a *performance* de uso final de muitos papéis. Por exemplo, papéis para sacos, papéis absorventes, papéis filtro e papéis toalha requerem alta permeância ao ar, enquanto que papéis à prova de gorduras (*grease-proof*) devem ter baixa permeância ao ar.

Não se deve confundir os termos porosidade (fração de espaços vazios) com permeância ao ar (capacidade de ser atravessada pelo ar), ainda que, geralmente, um papel muito poroso será também bastante permeável. A porosidade se refere a todo o corpo do papel enquanto que a absorvência depende fundamentalmente da estrutura superficial. Outro termo normalmente usado é resistência ao ar, que é o inverso da permeância ao ar. A porosidade é dada em percentual (%) e a permeância ao ar é dada em mililitros por segundo (ml/s) ou micrometros por Pascal, segundo $\{\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})\}$ e a resistência ao ar é medida em segundos por 100 mililitros (s/100 ml).

A permeância ao ar é uma consequência principalmente do grau de refinação e das fibras que compõem o papel, mas vários outros fatores também podem influenciar os seus resultados, tais como: distribuição de fibras, densidade, teor de carga, prensagem, calandragem, etc. Os papéis com alta permeância ao ar são normalmente chamados de macroporosos ou "abertos" e se caracterizam pelo alto consumo de tinta durante a impressão, enquanto que no caso inverso são chamados de microporosos ou "fechados" e podem causar repinte após terem sido impressos.

As operações de revestimento (*coating*) e impregnação (*saturating*) reduzem a permeância ao ar do papel. Os papéis *couché* por ter baixa permeância ao ar podem apresentar problemas quando se imprime em bobina com secagem por calor, pois o vapor d'água gerado pela umidade interior, não podendo atravessar a camada de revestimento, produzirá

bolhas superficiais.

Por outro lado, porém, papéis com alta permeância ao ar podem resultar em problemas na alimentação da folha de papel em máquinas com respeito às chamadas ventosas de sucção (chupetas). Esta sucção em algumas máquinas pode ser regulada, mas quando a permeância ao ar varia de folha para folha, ou numa mesma folha, as consequências podem ser desastrosas.

O aumento do comprimento de fibra usada aumenta a permeância ao ar, enquanto que o aumento do conteúdo de umidade, da refinação, da prensagem, da colagem superficial, da calandragem, da gramatura e do conteúdo de carga mineral diminuem a permeância ao ar.

Os aparelhos que medem a permeância ao ar são chamados "porosímetros" (prova de que os dois termos porosidade e permeância ao ar são usados às vezes com o mesmo significado). Existem vários tipos de "porosímetros", como por exemplo os equipamentos denominados como Schopper, Bendtsen, Sheffield, Gurley, Bekk, Vaso de Mariotte, etc., todos funcionam baseados no mesmo princípio, qual seja, induzir a passagem de ar através do papel e medir essa passagem. No Gurley a passagem de ar através do papel é provocada pelo deslizamento livre de um cilindro interno, graduado em cm³, em um cilindro externo contendo óleo mineral. O resultado é dado por um cronômetro com a finalidade de medir o tempo em segundos gastos para um determinado volume de ar. Normalmente o volume fixado é de 100 cm³ (100 ml), mas se o papel oferece grande resistência à passagem do ar, pode-se fixar um volume menor (50 cm³, por exemplo) e se a resistência for pequena fixa-se um volume maior (300 cm³, por exemplo). Como padrão de especificação da permeância ao ar pode-se citar: min. 2,50 $\mu\text{m}/\text{Pa}\cdot\text{s}$ (máx. 50 s/100 ml); min. 220 ml/min) - UNE 57-077 (impressão *offset*).

Aspereza [roughness]

O papel para impressão tipográfica deve proporcionar um bom contato com a superfície impressora, para permitir a reprodução dos mínimos traços.

Aspereza é o grau de desuniformidade da superfície do papel. Na indústria papelreira, porém, utiliza-se de modo geral esta característica com a denominação de lisura. Como os próprios nomes dizem, um é o oposto do outro. A textura superficial como lisura e aspereza é uma medida da variação dos desvios observados a partir de um plano perfeito. Neste texto, seguindo uma tendência atual, se usará apenas o termo aspereza, identificando-se uma maior ou menor aspereza em função da maior ou menor variação desses desvios, respectivamente. A aspereza influi na aparência e nas qualidades de impressão do papel. O papel para impressão tipográfica deve proporcionar um bom contato com a superfície impressora, para permitir a reprodução dos mínimos

temperatura e umidade relativa constantes, ou dentro de limites estreitos de variação. A umidade relativa é a relação expressa em porcentagem entre a umidade existente no ar e a umidade do ar saturado de vapor de água à mesma temperatura e pressão.

Em virtude do clima, das condições de conversão e do uso de papel serem diversos, não é conveniente estabelecer uma única condição ambiental internacional para condicionamento e ensaios de papel. Existem normas que são flexíveis como é o caso da norma ISO 554, por exemplo, que estabelece a temperatura de $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $(50 \pm 2)\%$ como padrões, mas permite o uso de atmosfera de $(27 \pm 1)^\circ\text{C}$ e $(65 \pm 2)\%$ para o caso de países tropicais.

Apenas a título de exemplificação, serão citados padrões de especificação estabelecidos para algumas das propriedades apresentadas neste trabalho, que constam da norma alemã DIN 6721 (Papéis para formulários contínuos - 40 a 90 g/m²) e das normas espanholas UNE 57-082 (Características dos papéis para formulários contínuos) e UNE 57-077 (Especificações dos papéis não revestidos para impressão *offset* - classe 1: correntes).

A seguir, seguindo o roteiro proposto anteriormente, serão apresentados os agrupamentos das propriedades segundo suas finalidades, definindo-as e registrando-se comentários sobre cada uma delas.

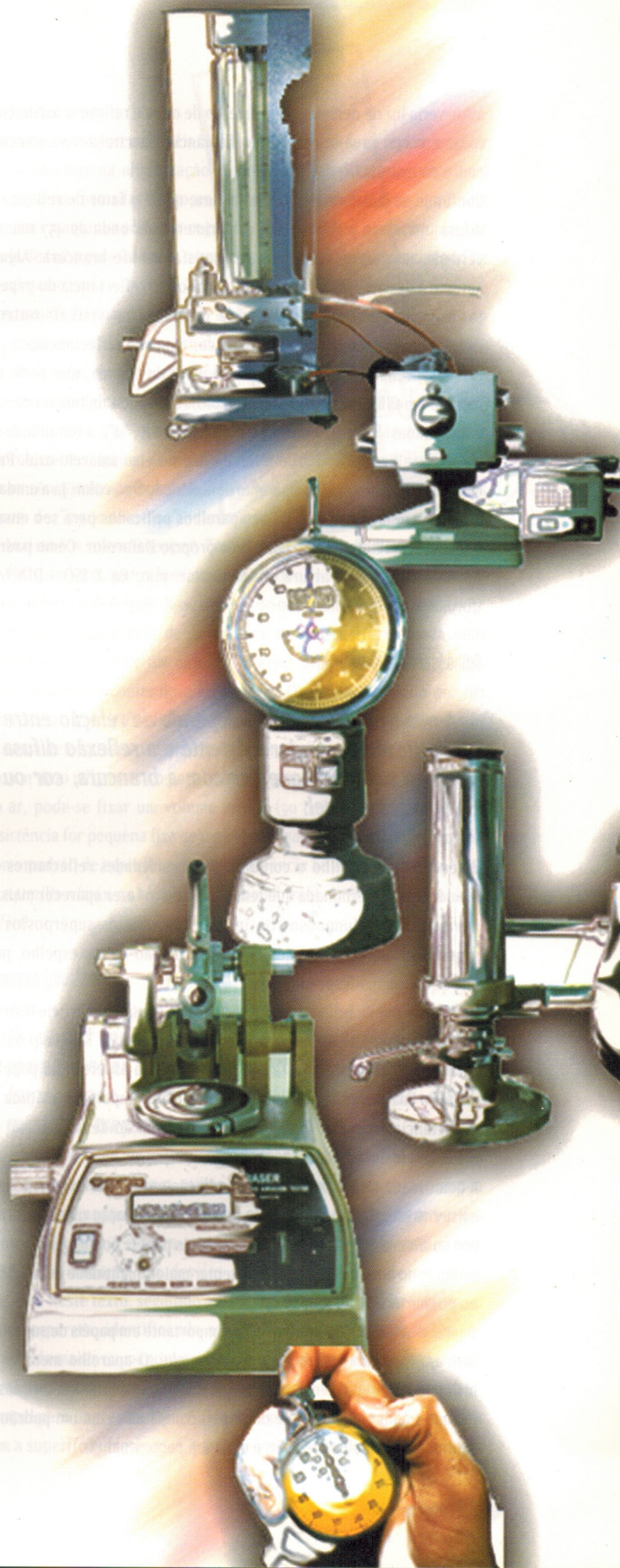
Propriedades intrínsecas do papel

Cor, brancura e alvura (Color, whiteness and brightness)

Pode-se dizer que a cor é tão somente uma qualificação objetiva, como parte da percepção visual do ser humano. A cor dos papéis depende do observador e de diversos fatores, tais como: distribuição da energia espectral de iluminação, ângulo de iluminação e observação e características ópticas do papel. A medição da cor pode ser realizada espectrofotometricamente ou colorimetricamente.

No método espectrofotométrico as leituras das amostras são feitas em cada um dos comprimentos de onda, ao longo de todo o espectro visível. Com os dados obtidos, constrói-se um gráfico que indica, em porcentagem, para os diversos comprimentos de onda, a intensidade da luz refletida pela amostra. Já o método colorimétrico baseia-se no princípio de que por meio de três cores primárias é possível formar as demais cores. O sistema CIE (Commission Internationale de L'Éclairage) fixa três cores fundamentais, fictícias, as quais permitem compor todas as outras cores.

A cor desejada do papel se obtém mediante a ação de pigmentos ou corantes que absorvem os comprimentos de onda complementares. Todos eles tendo em conta a cor natural da pasta de papel. A própria brancura do papel constitui uma qualidade concreta de cor, isto é, pode ser determinada pelo método colorimétrico, por exemplo. Sabemos que a luz branca é composta por todos os comprimentos de onda do espectro visível; em outras palavras, entre 400 e 700 nanômetros ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Uma superfície de cor branca perfeita não



absorveria luz de nenhum comprimento de onda e refletiria totalmente todas as cores, ou seja, a curva de reflectância espectral deverá coincidir com a da emitância.

Confunde-se muito brancura com alvura, que é o fator de reflectância difusa intrínseca medida a um comprimento de onda de 457 nm. Na verdade, não existe uma definição satisfatória de brancura. Alguns autores a descrevem como uma alta e uniforme reflectância do papel a todos os comprimentos de onda do espectro visível; outros, simplesmente como um equilíbrio de cor com alta reflectância.

Existe, porém, uma definição para o nível de branco, que pode ser medido em CIE ou Stensby, por exemplo, resultando da função de três coordenadas: L, a e b, onde "L" é a luminosidade; "a", a tonalidade no eixo vermelho-verde e "b" é a tonalidade no eixo amarelo-azul. Para estas medições se utiliza o aparelho denominado Datacolor. Já a unidade de alvura é dada por % ISO e os aparelhos utilizados para seu ensaio podem ser o Photovolt, Elrepho ou o próprio Datacolor. Como padrão de especificação de alvura pode-se citar: min. 80 % ISO - DIN 6721 (formulários contínuos).

Brilho [specular gloss]

A quantidade de brilho depende da relação entre a reflexão especular existente e a reflexão difusa e não tem nada que ver com a brancura, cor ou alvura do papel.

Entendemos por brilho o conjunto de propriedades reflectantes em uma direção determinada que tem por objetivo fazer aparecer mais ou menos reflexos luminosos ou imagens de objetos superpostos na superfície. Seu comportamento se aproxima ao de um espelho, pelo que se denomina "especular".

No caso do papel, brilho é a característica de possuir superfície lustrosa com capacidade de refletir a luz de forma especular. Tal como outras características, o brilho está relacionado com a aspereza do papel. A maneira mais simples de medir o brilho é comparar a medida da reflectância especular (ângulo de medida igual ao de incidência) e a reflectância em um plano normal à iluminação.

A quantidade de brilho depende da relação entre a reflexão especular existente e a reflexão difusa e não tem nenhuma relação com a brancura, cor ou alvura do papel. Por exemplo, dois papéis podem ter o mesmo brilho e, no entanto, um deles apresentar maior quantidade de luz difusa ao possuir maior alvura.

O teste de medição do brilho é muito importante em papéis de superfície lustrosa, principalmente em papéis *couché*. O aparelho medidor de brilho, o Photovolt, tem por princípio a medição de raios refletidos da luz que incide na superfície do papel, comparada com um padrão de brilho. A unidade de medição é dada em percentual (%).

Opacidade [opacity]

Opacidade é a propriedade relacionada com a quantidade de luz transmitida através do papel; em outras palavras, é a capacidade do papel de dificultar a passagem de luz através de si mesmo. Como sabemos, o papel é constituído por vários elementos, porém, na maioria são fibras de celulose e ar. Sabemos que um raio de luz ao passar de um meio a outro se desvia, quer dizer se refrata. Pois bem, a luz incidente que, em lugar de refletir-se, penetra no papel se vai refratando em cada passo da celulose ao ar e do ar à celulose até ser absorvida totalmente no interior da folha (luz absorvida convertendo-se em energia térmica) ou sair pelo lado oposto da mesma (luz transmitida). A presença de outros elementos além das fibras, tais como cargas, pigmentos, etc. constitui uma série de dificuldades suplementares à passagem da luz e, portanto, incrementa a opacidade. As próprias fibras, quando apresentam maior coloração, absorvem uma maior quantidade de luz e aumentam a opacidade. O dióxido de titânio, por exemplo, se emprega como aditivo para elevar o grau de opacidade por suas especiais características.

Ao nível prático, podemos também definir a opacidade de um papel como a possibilidade de ocultar a impressão existente no lado posterior ou na folha seguinte com a que está em contato. Não obstante, no primeiro caso deve ter-se em conta a possível penetração da tinta no papel, que também possibilita a visão de imagem a partir do lado oposto. Em função disto, a opacidade é uma importante propriedade em papéis de escrever, impressão, cigarro, etc.

Os papéis do tipo Bíblia são um exemplo típico de papéis que mesmo sendo de baixa gramatura requerem boa opacidade, visto que o leitor não deseja, ao estar lendo uma página, ter dificuldade de leitura pelo que está impresso no verso. Livros de exercícios para crianças, com figuras, palavras cruzadas, etc., também devem ter boa opacidade, porque as crianças encontram dificuldade em distinguir qual é o assunto a ser trabalhado.

No caso dos papéis finos, pode-se também sacrificar um pouco a alvura com intuito de ganhar opacidade. O aumento da gramatura e do conteúdo de carga mineral aumenta a opacidade, enquanto que o aumento da refinação, da calandragem, da prensagem, da colagem superficial, do comprimento de fibra usada diminui a opacidade. Os papéis porosos e pouco densos são mais opacos que os muito calandrados, já que neste último caso as fibras se encontram muito próximas umas das outras e a luz se transmite melhor. Posto que as fibras de celulose totalmente puras são transparentes, a refinação durante a fabricação do papel tende a reduzir a opacidade. Em igualdade de condições, os papéis *couché* apresentam mais opacidade em função da barreira constituída pelo revestimento superficial que reduz muito a luz transmitida.

O aparelho que mede opacidade é o opacímetro, o qual indica a relação percentual da opacidade do papel comparada a um padrão. Em poucas

traços. A superfície menos áspera é uma qualidade que assegura ótimos resultados de impressão. Um perfil regular de aspereza é também importante para uma boa qualidade de impressão.

No processo *offset*, devido à flexibilidade da blanqueta de borracha que transfere a tinta da chapa impressora para o papel, é possível imprimir em papéis com a superfície rugosa ou mais áspera. No processo de rotogravura, se a superfície do papel é irregular e tem pontos altos e baixos, com substâncias microscópicas, algumas células (alvéolos) não imprimirão uniformemente e a impressão não será de boa qualidade. Para uma tonalidade contínua de reprodução, todas as células devem imprimir. Isso pode ser conseguido pelo uso de compressão.

A aspereza do papel é geralmente diferente nas duas faces. Quanto menos áspero for o papel, melhor e mais homogênea será a impressão. A aspereza é afetada por um número de matérias-primas e variáveis de processo. O uso de fibras mais curtas e mais finas, assim como a adição de pigmentos para carga (enchimento), aumenta o grau de lisura.

Parâmetros de fabricação tais como o tipo de tela *fourdrinier* e feltros de prensas usados, graus de prensagem e calandragem, e o tipo de superfícies dos cilindros secadores, todos afetam a aspereza da folha. Revestimento e impregnação também exercem influência. O aumento da refinação, da prensagem, da colagem superficial, do conteúdo de carga mineral e da calandragem diminuem a aspereza, e o aumento do conteúdo de umidade e do comprimento de fibra aumentam.

Vários aparelhos podem ser usados para a determinação de aspereza, com a finalidade de exprimir, numericamente, a existência de irregularidades na superfície do papel, que possam afetar o seu desempenho e uso final. Cada um deles fornece o resultado diferente entre si, fazendo-se necessário indicar o nome do equipamento utilizado no teste. Um dos mais usados é o aparelho Bendtsen. Este aparelho mede o volume de ar em mililitros que escapa por minuto entre a superfície do papel e o cabeçote de medição, cujo extremo inferior tem a forma de um anel. O papel a ser medido é colocado sobre uma placa de vidro e sobre ele é disposto o cabeçote de medição, que é ligado por meio de uma mangueira a um rotâmetro no qual se faz a leitura imediata do fluxo de ar. Esta leitura é dada em centímetros cúbicos por minuto (cm^3/min). Quanto maior for a desuniformidade da superfície, maior será o volume de ar que passa entre a superfície do papel e o anel, em um determinado período de tempo. Como padrão de especificação da aspereza pode-se citar: 250 a 500 ml/min - DIN 6721 (formulários contínuos); 150 a 300 ml/min - UNE 57-082 (formulários contínuos).

Gramatura e Peso básico [grammage and basis weight]

Gramatura é definida como a massa em gramas de um metro quadrado de papel (g/m^2). Possivelmente a gramatura seja um dos parâmetros mais conhecidos do papel, visto que influi bastante sobre as características do produto acabado e devido ao fato do papel ser

normalmente comprado a "peso" (na realidade o termo correto é "massa"). Na América do Norte este parâmetro denominado gramatura se substitui pelo conceito de "peso básico", o qual expressa o peso básico em libras de uma resma de papel (500 folhas) cortada à sua medida "básica".

A especificação da gramatura de um papel está na razão direta do uso a que se destina e daí sua importância. Como exemplos práticos: emprega-se um papel de baixa gramatura para uma correspondência e ao contrário, em se tratando de uma capa de livro, um convite de casamento ou uma ficha de registros.

Existe uma interrelação muito forte entre permeância ao ar, espessura, umidade, aspereza e gramatura. Praticamente, não se pode modificar nenhuma dessas características sem afetar as demais. Se, por exemplo, se reduz a gramatura mantendo a espessura e a umidade constante, a permeância ao ar e aspereza aumentarão de valor.

Normalmente, a determinação da gramatura do papel é feita por uma das seguintes maneiras:

a- cortando-se uma área pequena do papel (10 cm x 10 cm), por exemplo, pesando-se esta área e extrapolando-se o peso obtido para 1 m^2 , por uma simples regra de três;

b- cortando-se uma área previamente determinada (25 cm x 40 cm) e pesando-se em uma balança apropriada onde se obterá diretamente o peso de 1 m^2 .

Como padrões de tolerância da gramatura podem ser citados: $\pm 5\%$ (40 a 55 g/m^2) e $\pm 4\%$ (56 a 90 g/m^2) - DIN 6721 (formulários contínuos); $\pm 4\%$ (25 a 180 g/m^2) - UNE 57-082 (formulários contínuos).

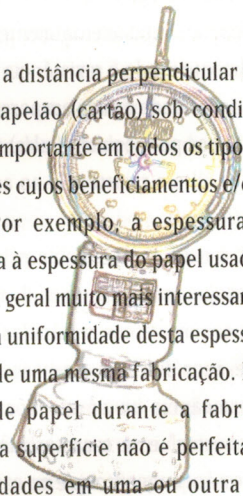
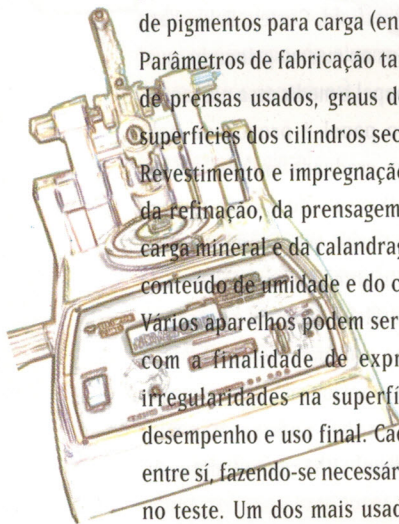
Espessura [thickness]

Espessura ou "*caliper*" é a distância perpendicular entre as superfícies principais do papel e papelão (cartão) sob condições específicas. O controle de espessura é importante em todos os tipos de papel e papelão e, em particular, naqueles cujos beneficiamentos e/ou utilização exigem rigor neste aspecto. Por exemplo, a espessura de um livro está diretamente relacionada à espessura do papel usado.

Não obstante, resulta em geral muito mais interessante comprovar como característica do papel a uniformidade desta espessura dentro da folha e de uma folha a outra de uma mesma fabricação. Pela forma com que se constitui a folha de papel durante a fabricação, é possível compreender-se que sua superfície não é perfeitamente plana e que pode haver irregularidades em uma ou outra face, o que afeta diretamente a espessura nesses pontos.

A uniformidade da espessura também é um fator de extrema importância, como é o caso de alguns tipos de papel em que se requer pouca variação transversal e longitudinal. Um perfil transversal irregular de espessura produzirá defeitos conhecidos no mundo papeleiro como "canais", "pneus", "beirada mole", etc.

É importante, também, para bons resultados em impressoras tanto rotativas



como de alimentação por folhas, onde variações de espessura produzirão rugas (fichas ou enfichas) no momento da impressão. As variações de espessura na folha de papel têm, também, como consequência, diferenças de intensidade na cor da tinta impressa devido à pressão irregular no momento da transferência. A umidade varia de acordo com a classe e acabamento do papel; assim, papéis *offset* ou apergaminhados têm uma uniformidade deficiente, enquanto que os papéis revestidos (*couché*, por exemplo) apresentam uma maior uniformidade de espessura.

A espessura do papel é influenciada pela gramatura, pela prensagem e calandragem que o papel sofre, pela refinação das fibras antes da folha ser formada, pelos materiais extras que são adicionados à folha, pelo tipo de fibra usada e pela umidade da folha. A espessura se torna maior com o aumento do comprimento de fibra usada e da gramatura, e diminui com o aumento da refinação, da prensagem e da calandragem. O aumento do conteúdo de umidade propicia uma maior calandragem, diminuindo a espessura. Por outro lado, existem propriedades que são dependentes da espessura, como a rigidez à flexão, por exemplo.

O teste para determinação da espessura é feito em aparelho chamado micrômetro, cuja característica principal é ter dois discos planos e paralelos entre os quais se coloca a amostra do papel. O disco inferior é fixo e o superior é móvel na direção perpendicular ao outro. Normalmente o resultado é expresso em milímetros (mm) ou micrometro (μm) que também é denominado micra (μ). Como padrões de tolerância da espessura no sentido transversal podem-se citar: $\pm 3 \mu$ (até 80 g/m^2) e $\pm 5 \mu$ (acima de 80 g/m^2) UNE 57-082 (formulários contínuos).

Densidade Aparente [apparent density]

A densidade aparente é a massa em gramas de um centímetro cúbico (g/cm^3) de papel. O valor da densidade é obtido dividindo-se a gramatura (em g/m^2) pela espessura (em micra). Duas folhas com a mesma gramatura, mas de espessuras diferentes e aparentemente iguais, apresentam "performance" diferente. Isso porque o conceito de densidade aparente tem um caráter bastante amplo, pois está relacionado com diversas outras características como permeância ao ar, rigidez à flexão, opacidade, dureza, resistência, etc.

A densidade aparente é uma medida do grau de compactação do papel. O papel com densidade baixa é mais fofo e com densidade alta é mais compacto. O parâmetro conhecido como volume específico, inverso da densidade aparente e expresso em cm^3/g , é denominado, muitas vezes, de corpo (*bulk*) e reflete bem o que os profissionais do ramo gráfico chamam de papel mais encorpado (menor densidade aparente e maior volume específico) ou menos encorpado (maior densidade aparente ou menor volume específico). Como padrões de densidade aparente podemos citar: $(1,3 \pm 0,1) \text{ cm}^3/\text{g}$ (40 a 55 g/m^2) e $(1,3 \pm 0,2) \text{ cm}^3/\text{g}$ (56 a 90 g/m^2) - DIN 6721 (formulários contínuos); $1,25$ a $1,35 \text{ cm}^3/\text{g}$ - UNE 57-082 (formulários contínuos); máx. $1,75 \text{ cm}^3/\text{g}$ - UNE 57-077 (impressão *offset*).

Bibliografia

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR) Papel - especificaciones de los papeles sin estucar para impresión offset. Madrid, oct. 1988. 4p. UNE 57-077

ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Papel, cartão e pasta celulósica - Atmosfera normalizada para condicionamento e ensaio, procedimento de controle da atmosfera e condicionamento de amostras. ATBCP - P4/94. São Paulo, 1994. 12p.

ASTALS, F. Imprimibilidad de los papeles. In: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE BARCELONA. Relaciones Tinta-Papel, III, IV, V. Terrasa, 1988. 431 p. Cap. 1, p. 1-31.

BARROTTI, S. L. B., BERGMAN, S. Propriedades do papel e ensaios para sua avaliação. In: SENAI, IPT Celulose e papel: Tecnologia de fabricação de papel. 2 ed. São Paulo, 1988. v.2. Cap. 7, p.818-842.

CASALS, R. Características del papel. Barcelona, Howson - Algraphy, ls.d.l. 174 p.

DEPARTAMENTO TÉCNICO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA GRÁFICA, ABTG. Suportes. Abigraf em revista. São Paulo, p. 44-51, mai/jun, 1986.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. 40 bis 90 g/m² Papiere für Endlosvordrucke. Berlin, okt.1986. 5p. DIN 6721 Teil 1

INSTITUTO NACIONAL DE RACIONALIZACIÓN Y NORMALIZACIÓN (IRANOR). Papel - características de los papeles para los formularios em papel continuo. Madrid, jul. 1978. 2p. UNE 57-082

ORTIGUELA, A. M. O papel como suporte para impressão. ANAVE. São Paulo, p.23-24, jan/fev, 1990.

ROSSI, F^o. S. Interrelacionamento entre as propriedades do papel. Revista Abigraf. São Paulo, p.96-97, mar/abr, 1995.

SANCHEZ, C. O papel e a impressão offset. ANAVE. São Paulo, p.19-20

SCOTT, W.E., TROSSET, S. Properties of paper: an introduction. Atlanta, Tappi, 1989. 170 p.