

CARACTERIZAÇÃO DE PAPÉIS COMERCIAIS BRASILEIROS NÃO REVESTIDOS VOLTADOS PARA IMPRESSÃO INKJET

CARACTERIZATION OF BRAZILIAN UNCOATED COMERCIAL PAPERS FOR INKJET PRINTING

AUTORES

Yasumura, Patrícia K.¹; D'Almeida, Maria Luiza O.²; Robusti, Célio³;
Park, Song W.⁴

(1,2) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – IPT. Tel.:
+5511 37674407 fax: + 5511 37674098; pkaji@ipt.br; malu@ipt.br

(3) - SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Rua Bresser, 2315 - Mooca / São Paulo.
Tel.: + 5511 27976317 fax: + 5511 27976306; celulosepapel114@sp.senai.br

(4) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Av. Luciano Gualberto 380 trv3, São Paulo
Brasil. Tel.: +5511 30911171 fax: +5511 38132380; songwon.park@poli.usp.br

RESUMO

A importância do processo de impressão digital vem crescendo constantemente, principalmente no mercado de impressão inkjet colorida, que inclui as áreas de embalagem, publicações e áreas especiais, além da chamada SOHO (small office e home office), ou seja, em escritórios ou uso doméstico.

O desenvolvimento tecnológico da impressão inkjet introduz novas exigências em relação ao desempenho do papel e a sua interação com a tinta, devido às maiores velocidades de impressão e expectativas em relação à qualidade de imagem.

Em termos de qualidade do papel, as maiores exigências podem ser consideradas como aquelas desejadas para papéis permanentes, devido ao uso final das impressões (fotografias, impressão de documentos). A norma ISO 9706 - "Information and Documentation – Paper for Documents – Permanency Requirements" apresenta as especificações para papéis permanentes. Estas especificações são úteis para identificar a qualidade final dos papéis comercialmente utilizados para impressão inkjet em termos de permanência e durabilidade.

Assim, considerando as especificações da norma ISO 9706, quatro tipos de papéis comerciais brasileiros utilizados nos chamados SOHOS, foram caracterizados fisicamente e quimicamente, obtendo-se um perfil da qualidade desses papéis e verificando sua adequação à impressão inkjet colorida.

PALAVRAS-CHAVE

Impressão inkjet; propriedades de papel; impressão digital.

ABSTRACT

The importance of the digital printing process is constantly increasing specially in the color inkjet printing market, which includes areas as packaging, publications and SOHO (small office and home office).

The technological development of the inkjet printing introduces new demands for the paper performance and its interaction with ink, due to the increasing printing speeds and image quality expectations.

Considering paper quality and the final use of the printings, for example, photographs and documents, the tighten demands are those for permanent papers. The standard ISO 9706 -

“Information and Documentation – Paper for Documents – Permanency Requirements” presents the specifications for permanent papers. These specifications are useful for the identification of the final quality of the commercial papers for inkjet printing, regarding permanence and durability.

Thus considering the specifications of the ISO 9706, four commercial Brazilian papers used in SOHOs were physically and chemically characterized, building a quality profile for these papers and evaluating its fitness for inkjet printing.

KEYWORDS

Inkjet printing, paper properties; digital printing

INTRODUÇÃO

Dentre os processos de impressão, o de impressão inkjet é o que apresenta o crescimento mais rápido a uma taxa acima de 20% ao ano (Smyth, 2005). Portanto, os desenvolvimentos mais dinâmicos e inovativos devem ser encontrados nesta área, sendo que o potencial de inovação tecnológica da impressão inkjet é maior que o da eletrofotográfica (Yu et. al, 2007) A projeção é que em 2015 existam impressoras inkjet comerciais de alta qualidade capazes de imprimir até 20.000 ppm (inicialmente em uma cor, como processo híbrido).

Com o desenvolvimento tecnológico da impressão inkjet, aumentam também as exigências em relação ao desempenho do papel e a sua interação com a tinta, devido às maiores velocidades de impressão e expectativas em relação à qualidade de imagem.

Em termos de qualidade do papel, as maiores exigências podem ser consideradas como aquelas desejadas para papéis permanentes. A norma ISO 9706 apresenta as especificações para papéis permanentes que incluem testes de permanência, que refletem a habilidade do papel de manter estável as suas propriedades mecânicas, ópticas e químicas durante longos períodos de tempo, e testes de durabilidade, que se referem à habilidade do papel de resistir ao desgaste e rasgo durante o uso.

Segundo a norma citada acima, os papéis permanentes devem ser fabricados com fibras de celulose branqueadas sem a presença de pasta mecânica (número Kappa inferior a 5), com agentes de colagem alcalinos (pH entre 7,5 a 8,5), as cargas minerais devem possuir, pelo menos 20 g de carbonato de cálcio por kg de papel (0,4 mol de ácido por kg), atuando como reserva alcalina e sem agentes de branqueamento óptico.

O uso final das impressões inkjet, na maioria dos casos, documentos e fotografias, enquadra os papéis destinados a este tipo de impressão em papéis permanentes. Neste caso, as especificações contidas na norma em questão são úteis para identificar a qualidade final dos papéis comercialmente utilizados para impressão inkjet em termos de permanência e durabilidade.

O objetivo deste trabalho é apresentar um perfil da qualidade atual dos papéis utilizados em impressão inkjet e a sua adequação a este tipo de impressão.

METODOLOGIA

Foram escolhidas quatro amostras de papéis não revestidos destinadas ao mercado de impressão digital, multiuso, tamanho A4, gramatura nominal 75 g/m². A escolha baseou-se em papéis produzidos no Brasil e atualmente disponíveis no mercado varejo. Os papéis foram identificados com letras (A a D).

Para verificar a qualidade dos papéis foram analisados os parâmetros utilizados para a caracterização de papéis permanentes, segundo a norma ISO 9706 “Information and Documentation – Paper for Documents – Permanency Requirements”. As propriedades especificadas pela norma são: resistência ao rasgo, reserva alcalina, resistência à oxidação (número Kappa), pH do extrato do extrato aquoso. Os métodos seguidos para estes ensaios foram:

Tabela 1 – Métodos utilizados na determinação dos parâmetros especificados na ISO 9706

Ensaio	Método
Resistência ao rasgo	NBR NM ISO 1974:2001
Reserva alcalina	ISO 10716:1994
Número Kappa	NBR ISO 302:2005
pH do extrato aquoso	NBR NM ISO 6588-1: 2007

Além destes ensaios foram realizados outros ensaios físicos e químicos para caracterização dos papéis. A **Tabela 2** apresenta os ensaios escolhidos e os respectivos métodos utilizados.

Tabela 2 – Métodos utilizados na determinação das propriedades físicas e químicas dos papéis analisados

Ensaio	Método
Gramatura	NBR NM ISO 536:2000
Espessura, densidade aparente e volume específico	NBR NM ISO 534:2006
Fator de reflectância no azul, alvura difusa	NBR NM ISO 2470:2001
Opacidade difusa	NBR NM ISO 2471:2001
Cor (C/2°) - Método da reflectância difusa (L, a*, b* e Luminosidade)	NBR 14999:2003
Brancura CIE, D65/10° (iluminação diurna exterior)	NBR 15011:2006
Coefficiente de espalhamento e absorção	ISO 9416: 1998
Permeância ao ar, método Bendtsen	NBR 14255:2002
Aspereza ou lisura (método de fuga de ar) - Parte 2: Método Bendtsen	NBR NM ISO 8791-2:2001
Propriedades de tração - Parte 2: Método da velocidade constante de alongamento	NBR NM ISO 1924-2:2001
Resistência à flexão (Rigidez Taber)	NBR NM ISO 2493:2001
Capacidade de absorção de água - Método de Cobb	NBR NM ISO 535:1999
Resíduo (cinza) após a incineração a 525°C	NBR 13999:2003

Todas as resmas de papel A4 foram numeradas de 1 a 500 e os ensaios e impressões foram realizados nas mesmas páginas de todas as amostras. As páginas numeradas foram orientadas em relação à face, segundo as instruções das embalagens. Vale ressaltar que os papéis comercialmente disponíveis são combinações de papéis de diferentes bobinas. Somente a amostra B provém de uma mesma bobina. Por isso, as folhas foram retiradas de forma periódica por toda a resma.

Para verificar a adequação destes papéis à impressão inkjet, os mesmos foram submetidos à impressão de uma imagem padrão em preto e branco, gerada em Word, em impressora HP 5650, no nível de qualidade de impressão “melhor”. Para realizar esta impressão, foram seguidas as recomendações da norma ASTM F 1174-01 “Standard Practice for Using a Personal Computer Printer as a Test Instrument”, sendo as impressões realizadas em ambiente condicionado a $50,0 \pm 2,0$ % de umidade relativa e $23,0 \pm 1,0$ °C. As impressões obtidas foram analisadas em microscópio óptico e por densidade óptica.

Amostras das páginas impressas foram submetidas a ensaios de envelhecimento acelerado por exposição à luz (lâmpada de xenon) por 100 horas a 48 W/m^2 de irradiância (energia irradiada de 20.355 kJ/m^2), conforme ISO 105-B02:2000 – Método 1, realizado pelo Laboratório de Têxteis e Confecções do Centro Tecnológico da Indústria da Moda – CETIM do IPT. As amostras também foram submetidas à envelhecimento acelerado por condicionamento à 80°C e 65% de umidade relativa, sendo as amostras retiradas após 24, 48, 72 e 144 horas. Após envelhecimento, foram obtidas as densidades ópticas das impressões. O objetivo deste envelhecimento acelerado é apenas verificar o comportamento do conjunto papel e impressão, por comparação, sob condições extremas de envelhecimento, e não estudar a vida útil do conjunto. Por isso, foi seguida a norma ISO 5630-3:96 “Paper and board Accelerated ageing -- Part 3: Moist heat treatment at 80 degrees C and 65 % relative humidity”, para envelhecimento acelerado de papel, que consiste em uma condição mais extrema do que aquelas citadas na norma ASTM F 2037-00 “Standard Practice for Predicting the Lifetime of Ink Jet Prints Stored in Dark Keeping Conditions in Typical Office Environments”.

RESULTADOS

Considerando as características do papel obtidas e as exigências especificadas na norma ISO 9706, verifica-se que todos os papéis analisados atendem aos requisitos para permanência do papel. A **Tabela 3** sumariza os resultados encontrados e a **Tabela 4** mostra os resultados dos demais ensaios realizados.

Tabela 3 – Resultados das propriedades contempladas na ISO 9706 e valores de especificação

Ensaio	Papel				Especificação da ISO 9706
	A	B	C	D	
Resistência ao rasgo (mN) - Longitudinal	542	538	559	563	> 350
Resistência ao rasgo (mN) - Transversal	596	589	649	653	> 350
Reserva alcalina (mol/kg)	3,3	4,1	3,5	3,6	> 0,4
Número Kappa	0,6	1,0	1,5	1,2	< 5
pH do extrato aquoso	8,8	9,6	9,5	9,5	7,5 – 10,0

Tabela 4 – Resultados das outras propriedades analisadas

Ensaio	Papel			
	A	B	C	D
Gramatura (g/m ²)	74,0	77,5	73,8	76,7
Espessura (µm)	97,0	100,5	97,5	99,3
Densidade aparente (g/cm ³)	1,31	1,30	1,32	1,29
Volume específico (cm ³ /g)	0,76	0,77	0,76	0,77
Alvura difusa (%) -UV	92,3	91,4	91,1	90,9
+UV	111,8	111,0	111,1	109,3
+/- UV	19,5	19,6	20,0	18,4
Opacidade difusa (%)	90,7	91,7	92,8	91,9
Cor (C/2°) - L	94,6	94,4	94,1	94,2
a*	7,1	7,5	7,3	7,0
b*	-17,7	-17,5	-18,1	-16,9
Brancura CIE, D65/10°	161,5	160,4	162,1	157,6
Coefficiente de espalhamento, s (m ² /kg)	54,6	55,4	58,3	55,2
Coefficiente de absorção, k (m ² /kg)	0,7	0,8	1,0	0,8
Permeância ao ar, método Bendtsen (µm/Pa.s)	9,5	11,2	8,0	8,9
Aspereza, método Bendtsen (mL/min)	234	266	141	194
Resistência à tração (kN/m) – L*	5,17	5,38	6,27	5,50
T*	2,29	2,56	2,15	2,07
Índice de tração (Nm/g) – L*	69,8	72,8	84,7	74,4
T*	31,0	34,6	29,0	28,0
Alongamento (%) – L*	1,97	2,54	2,14	2,05
T*	5,48	5,95	6,58	6,12
Rigidez Taber (mN.m) – L*	0,150	0,163	0,187	0,195
T*	0,064	0,068	0,074	0,060
Capacidade de absorção de água - Cobb (g/m ²)				
Lado A	46,9	34,7	38,3	65,8
Lado B	48,9	33,9	37,3	48,2
Resíduo (cinza) após a incineração a 525°C (%)	18,4	21,0	18,9	18,1

* L – Longitudinal; T - Transversal

Para analisar a qualidade de impressão obtida com os papéis em estudo, foram obtidas micrografias em microscópio óptico, sendo estas apresentadas na **Figura 1**.

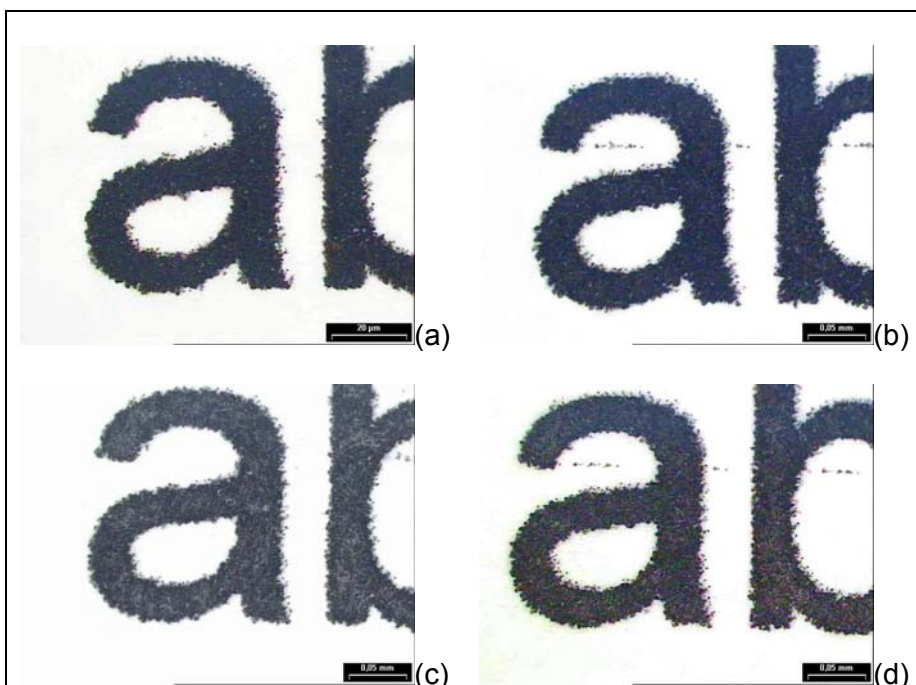


Figura 1 – Imagens obtidas com microscópio óptico das impressões realizadas nos papéis com aumento de 25x: (a) papel A; (b) papel B; (c) papel C; (d) papel D.

Para verificar quantitativamente as diferenças entre as impressões, foram obtidas as densidades ópticas. A **Figura 2** apresenta, na forma de gráfico, as densidades ópticas das impressões antes do envelhecimento.

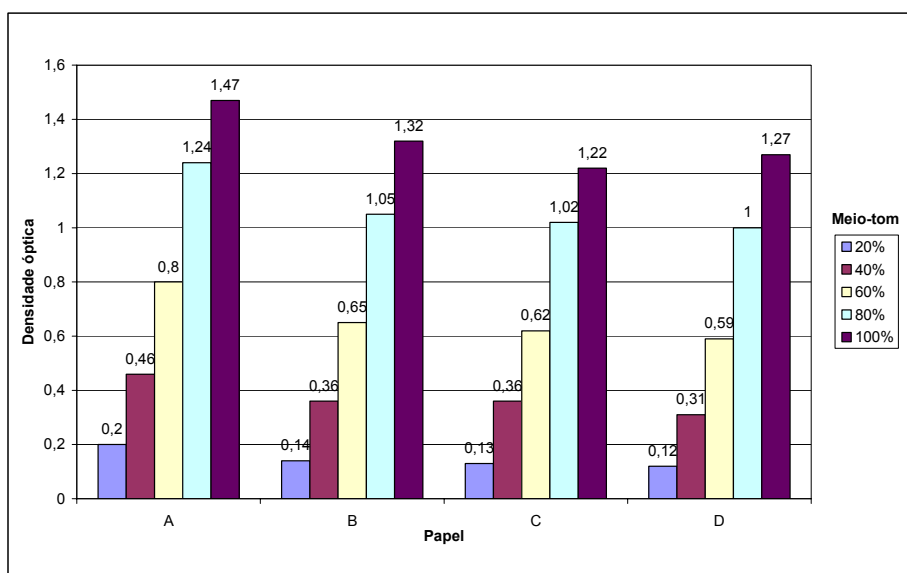


Figura 2 – Densidades ópticas dos papéis analisados antes do envelhecimento

Como as densidades ópticas não sofreram variações significativas entre 24 e 144 horas de exposição em câmara climática a 80°C e 65% de umidade, a **Figura 3** mostra somente as densidades ópticas após 144 horas e apenas para meio-tom 100% (cobertura total).

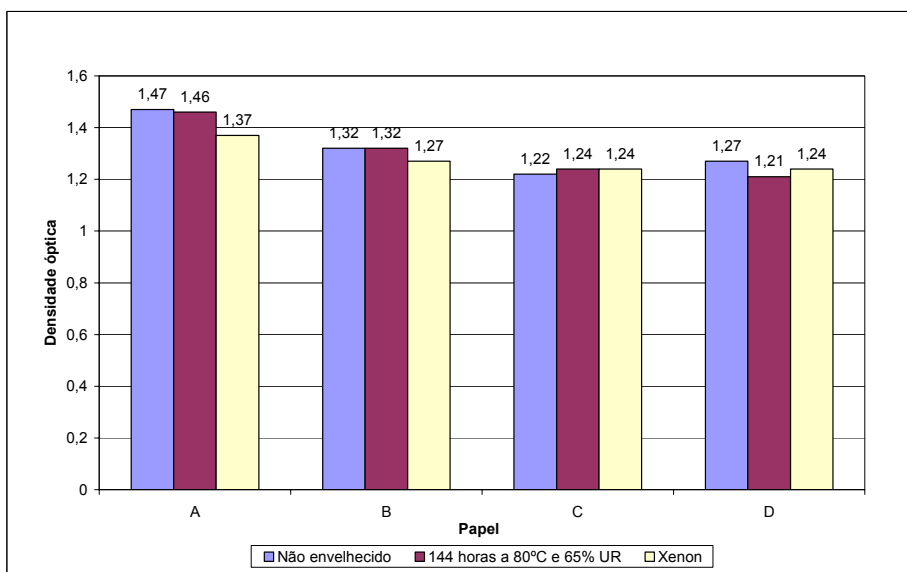


Figura 3 – Densidades ópticas das impressões (meio-tom 100%) nos papéis analisados após do envelhecimento (144 horas de exposição à 80°C e 65%UR e lâmpada xenon).

DISCUSSÃO

Os resultados mostram que os papéis analisados atendem aos requisitos para papel permanente, com valores bem acima dos limites especificados.

Em relação aos resultados dos demais ensaios, verifica-se que dois papéis (A e C) apresentam média da gramatura inferior à gramatura informada na embalagem, mas dentro da tolerância de 4% (segundo a norma NBR 5339). Estes mesmos papéis apresentam espessura relativamente menor que as demais. Em relação à permeância ao ar e aspereza, o papel B apresenta os maiores resultados. Quanto aos ensaios mecânicos, o papel C apresenta o maior índice de tração e o papel D apresenta maior rigidez Taber.

Os resultados estão de acordo com os apresentados por Yu et al. (2007), com valores de espessura relativamente menores e alvura (+UV) maior.

Černic et al. (2006) estudaram a permanência e durabilidade de um papel revestido com 170 g/m². Neste trabalho, os autores definem valores desejáveis para várias propriedades do papel para impressão offset convencional, incluindo aqueles

especificados na ISO 9706, e outros por experiência. O valor para cinza considerado mínimo é de 2% e, para a absorção (Cobb-60) valor considerado mínimo está entre 20 a 25 g/m².

As propriedades ópticas também são especificadas pelos autores. A **Tabela 5** mostra os resultados obtidos neste trabalho e os valores desejáveis especificados por Černic et al. (2006).

Tabela 5 – Resultados das propriedades especificadas por Černic et al. (2006)

Ensaio	Papel				Valor especificado	
	A	B	C	D		
Alvura difusa (%)	-UV	92,3	91,4	91,1	90,9	min 85% sem branqueador óptico +/- 1,0
	+UV	111,8	111,0	111,1	109,3	
	+/- UV	19,5	19,6	20,0	18,4	
Opacidade difusa (%)		90,7	91,7	92,8	91,9	min. 90
Coeficiente de espalhamento, s (m ² /kg)		54,6	55,4	58,3	55,2	min 50,0
Coeficiente de absorção, k (m ² /kg)		0,7	0,8	1,0	0,8	max. 5

Segundo os autores a grande quantidade de branqueadores ópticos, verificados pelo valor de +/- UV, comprometem a permanência dos papéis por serem muito instáveis. Este fato pode ser comprovado nas amostras submetidas à exposição em lâmpada xenon, que se apresentaram mais “amareladas”, porém, sem prejuízo à densidade óptica.

Em relação à qualidade de impressão, as imagens obtidas indicam que o papel A apresenta maior densidade óptica. Este fato é confirmado pela medição da densidade apresentada na **Figura 2**. Não parece haver correlação direta entre a capacidade de absorção de água (Cobb) e densidade óptica, sendo esta, aparentemente mais ligada às propriedades ópticas (coeficientes de espalhamento e absorção).

A **Figura 3** mostra que, no período de condicionamento considerado, não há perdas significativas em densidade.

CONCLUSÕES

Este trabalho procurou mostrar as principais características dos papéis para impressão inkjet disponíveis no mercado, sendo que estas apresentaram resultados das propriedades químicas e mecânicas dentro das especificações. Para as propriedades ópticas, a grande quantidade de branqueadores ópticos pode afetar a permanência dos papéis.

De uma maneira geral, os papéis são equivalentes, sendo que o papel A apresenta uma densidade óptica relativamente maior. O envelhecimento acelerado nas condições extremas aplicadas não afetou a impressão.

Os ensaios utilizados na caracterização física, química e óptica dos papéis usados em impressão inkjet podem ser considerados “clássicos” por serem ensaios rotineiramente realizados pelos laboratórios de “controle de qualidade” presentes na indústria de papel, e fornecem informações iniciais sobre as relações entre essas características e a qualidade de impressão. Porém, para poder relacionar as propriedades analisadas com a qualidade de impressão, necessita-se compreender a inter-relação tinta-papel. Neste caso, as dimensões a serem consideradas na impressão inkjet, como das gotas de tinta, os poros da superfície e as interações entre elas, por exemplo, exigem a utilização de métodos com melhor resolução e de modo dinâmico, para estudar a chamada printabilidade do papel, ou seja, como o papel se comporta durante o processo de impressão. A printabilidade depende das interações entre o papel e a tinta de impressão, e das variáveis do processo de impressão (Levlin e Söderhjelm, 1999).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society for Testing Materials (2001). ASTM F1174 - Standard Practice for Using a Personal Computer Printer as a Test Instrument.
- American Society for Testing Materials (2000). ASTM F2037 - Standard Practice for Predicting the Lifetime of Ink Jet Prints Stored in Dark Keeping Conditions in Typical Office Environments.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006). NBR NM ISO 534 - Papel e cartão - Determinação da espessura, densidade e volume específico.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999). NBR NM ISO 535 - Papel e cartão - Determinação da capacidade de absorção de água - Método de Cobb.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2000). NBR NM ISO 536 - Papel e cartão - Determinação da gramatura.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001). NBR NM ISO 1924-2 - Papel e cartão - Determinação das propriedades de tração - Parte 2: Método da velocidade constante de alongamento.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001). NBR NM ISO 1974 - Papel - Determinação da resistência ao rasgo - Método Elmendorf.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001). NBR NM ISO 2470 - Papel, cartão e pastas celulósicas - Medida do fator de reflectância difusa no azul (alvura ISO).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001). NBR NM ISO 2471 - Papel e cartão - Determinação da opacidade (fundo de papel) - Método da reflectância difusa.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001). NBR NM ISO 2493 - Papel e cartão - Determinação da resistência à flexão.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007). NBR NM ISO 6588-1 - Papel, cartão e pastas celulósicas - Determinação do pH de extratos aquosos - Parte 1: Extração a frio.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001). NBR NM ISO 8791-2 - Papel e cartão - Determinação da aspereza ou lisura (método de fuga de ar) - Parte 2: Método Bendtsen.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). NBR ISO 302 - Pasta celulósica - Determinação do número Kappa.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2002). NBR 5339 – Papel e cartão – Tolerâncias de formatos e gramaturas.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003). NBR 13999 - Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira - Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525°C.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2002). NBR 14255 - Papel e cartão - Determinação da permeância ao ar - Método Bendtsen.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003). NBR 14999 - Papel e cartão - Determinação da cor ($C/2^\circ$) - Método da reflectância difusa.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006). NBR 15011 - Papel e cartão - Determinação da brancura CIE, D65/10° (iluminação diurna exterior).

Černic, M.; Dolenc, J.; Scheicher, L. (2006). Permanence and durability of digital prints on paper. Applied Physics A – Materials Science & Processing, 83 (4), 589-595. ISSN 0947-8396.

International Organization for Standardization (Am.2:2000). ISO 105-B02 - Textiles -- Tests for colour fastness -- Part B02: Colour fastness to artificial light: Xenon arc fading lamp test.

International Organization for Standardization (1998). ISO 9416 – Paper – Determination of light scattering and absorption coefficients (using Kubelka-Munk theory).

International Organization for Standardization (1994). ISO 9706 – Information and documentation – Paper for documents – Requirements for permanence.

International Organization for Standardization (1996). ISO 5630-3 – Paper and board Accelerated ageing -- Part 3: Moist heat treatment at 80 degrees C and 65 % relative humidity.

Levlin J-E (1999) Aim of pulp and paper testing. In: Papermaking Science and Technology 17. Ed. by Levlin, J-E. & Söderhjelm, L., Helsinki: Fapet Oy, p.199. ISBN 952-5216-17-9.

Smyth, S. (2005). Ten-year forecast of disruptive technologies in printing and publishing. Surrey: Pira International. ISBN: DISRUP.

Yu, A.S.O. et al. (2007) Tendências em tecnologias de impressão digital e seus impactos no papel de imprimir e escrever. São Paulo: ABTCP/IPT (Publicação Técnica).