

## QUALIDADE DE PAPÉIS TERMICOS

Daniela Colevati Ferreira <sup>1</sup>, Denise Kiyoko Shimo <sup>1</sup>, Maria Luiza Otero D'Almeida <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. Av. Prof. Almeida Prado, 532, prédio 62. Butantã, São Paulo - SP/Brasil. CEP 05508-901. \* malu@ipt.br

### RESUMO

Papéis termossensíveis, usualmente denominados térmicos, possuem em seu revestimento substâncias de coloração sensível à ação de calor. Tais papéis vêm ganhando cada vez mais aplicações, devido, principalmente, ao seu baixo custo e a sua facilidade de impressão. Para algumas destas aplicações, tais como em cupons fiscais e comprovantes de transações bancárias, o controle de qualidade do papel e de sua impressão é de extrema importância, principalmente quando a impressão deve permanecer por um longo período. No Brasil há uma legislação específica para papéis térmicos destinados a uso em emissor de cupom fiscal. Neste trabalho, são apresentados os resultados de análise de quatro amostras de papel térmico para uso em emissor de cupom fiscal, disponíveis no mercado brasileiro, e discutidos os parâmetros de controle da qualidade para papel térmico.

**Palavras-chave:** papel; papel térmico; papel termossensível, impressão térmica, qualidade de papel.

### ABSTRACT

#### QUALITY OF THERMAL PAPERS

Thermal paper has coloring substances sensible to heat in their coating. The use of thermal papers is increasing, mainly due to its low cost and easy printing. For some thermal papers, such as the ones that will be used in point of sale system (POS) and in automated teller machine (ATM), the control of the paper and printing quality is of utmost importance, especially when the printing must last for a long period. Brazil has a specific legislation for thermal papers used in POS. This study shows the results of the analysis of four thermal papers, from Brazilian market, intended for tax receipts and discusses thermal papers quality control parameters.

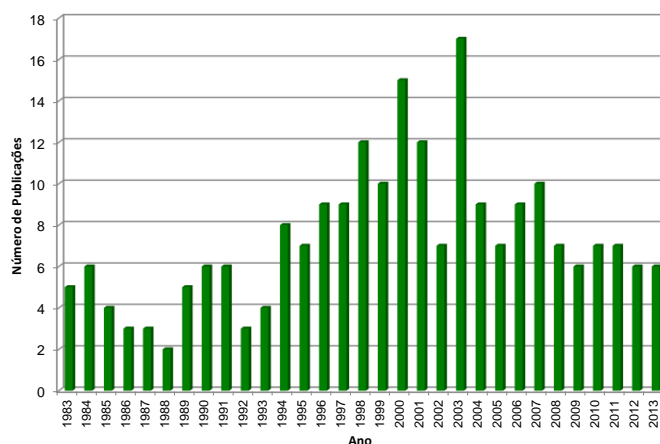
**Keywords:** paper; thermal paper; thermal printing; paper quality.

## 1. INTRODUÇÃO

Papéis termossensíveis, usualmente denominados térmicos, são papéis especiais cujo revestimento contém substâncias que mudam de coloração sob ação do calor <sup>[1]</sup>. Os primeiros papéis térmicos foram criados nos Estados Unidos da América (USA), em meados da década de 1960, por duas empresas, simultaneamente: *NCR Corporation* e *3M Corporation*. A primeira empregava um revestimento à base de corantes químicos, que apresentava como desvantagem a rápida perda da impressão e a segunda empregava sais metálicos no revestimento, o que conferia uma maior longevidade da impressão no papel, contudo tinha como desvantagem o custo elevado <sup>[2]</sup>.

No início da década de 1990, a substituição de impressões térmicas por outros tipos de impressão com maior durabilidade do impresso propulsionou a busca por formulações para revestimento de papel térmico que resultassem em impressões mais estáveis, principalmente em relação ao tempo <sup>[3]</sup>. Uma modificação importante foi a adição de mais uma camada de revestimento, conferindo à impressão maior proteção à luz ultravioleta e a agentes tais como óleo e água <sup>[3]</sup>.

Os fabricantes de papel térmico normalmente desenvolvem suas próprias formulações para o revestimento térmico. Uma busca por patentes no banco de dados Questel Orbit<sup>®</sup>, empregando-se a palavra chave "Therm + coat + or surface", no período de 1959 a 2014, revelou 118 patentes <sup>[4]</sup>. Um gráfico da evolução do número de patentes registradas ao longo dos últimos 20 anos é mostrado na **Figura 1**. A grande maioria das patentes baseia-se na tecnologia de corantes, que apresenta como vantagem o baixo custo <sup>[4]</sup>.



**Figura 1 – Evolução do número de patentes em revestimento térmico [4].**

Apesar do grande número de possibilidades de formulação para o revestimento de papéis térmicos, ele pode ser definido, de uma maneira geral, como uma mistura em estado sólido que contém um material cromogênico (corantes leuco) e substâncias reveladoras, que estão dispersos em uma matriz adequada [5]. Quando esta mistura é aquecida acima da temperatura de fusão da matriz, esta se funde permitindo a reação entre o corante e o revelador, levando à formação da estrutura colorida do corante. A forma metaestável colorida do corante é estabilizada pela rápida solidificação da matriz após o afastamento da fonte de calor [6].

A diminuição de custos e a maior durabilidade da impressão permitiu que a tecnologia de impressão térmica ganhasse novos mercados e hoje em dia os papéis térmicos estão cada vez mais presentes na nossa rotina, sendo empregados em aparelhos de fax, calculadoras, máquinas registradoras, terminais de cartão de crédito, emissores de cupons fiscais, tíquetes de embarque e outros fins [7].

A qualidade e durabilidade da impressão é um fator importante para papéis térmicos e, por questões jurídicas, se torna determinante no caso daqueles empregados em emissores de cupons fiscais (ECF) ou em caixas eletrônicos (em inglês ATM, *Automated Teller Machine*).

O governo brasileiro, por meio do Ministério da Fazenda, criou em 2010, uma regulamentação de controle da qualidade de papéis térmicos para uso em ECF (Ato COTEPE ICMS n. 4, de 11 de março de 2010 [8]). Além do Brasil, a Itália é o outro país que possui regulamentação própria para controle de qualidade de papéis térmicos [9]. Os demais países colocam, como responsabilidade dos consumidores, a cobrança aos fabricantes da garantia da qualidade. Por conta disso, é comum encontrar, nas páginas de internet de fabricantes de papéis térmicos, relatórios de testes de qualidade [10 - 13].

No controle da qualidade de papel térmico, deve-se ter em mente o papel e a impressão. A qualidade do papel é importante, pois algumas de suas características físicas podem influenciar a qualidade da impressão e a vida útil da impressora. A qualidade da impressão está relacionada à sua durabilidade (legibilidade) e permanência e, neste caso, não só as características químicas do revestimento são importantes, mas também a densidade de energia empregada na impressão.

Este trabalho apresenta uma avaliação de quatro amostras de papel térmico para uso em equipamento emissor de cupom fiscal, presentes no mercado brasileiro, e discute os parâmetros de controle da qualidade para este tipo de papel.

## 2. MÉTODOS

Quatro amostras de papel térmico para uso em equipamento emissor de cupom fiscal, disponíveis no mercado brasileiro, foram analisadas. Empregou-se este tipo de papel térmico, por haver uma regulamentação brasileira sobre ele e porque, juntamente com o tipo destinado a ATM, são os papéis térmicos que exigem maior controle da qualidade.

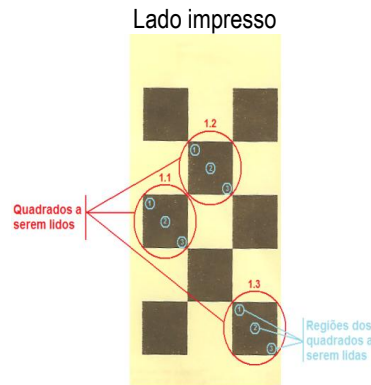
Os ensaios realizados foram os indicados no **Quadro 1**, sendo a escolha deles baseada no Ato COTEPE ICMS n. 4/10 <sup>[8]</sup>.

Nos ensaios de qualidade de papel, foram realizadas vinte determinações para os ensaios de gramatura e espessura e dez para o ensaio de lisura Bekk.

Para os ensaios de durabilidade de impressão, as amostras foram impressas em impressora térmica Atlantek, modelo 400, empregando sua oitava faixa de energia média que, conforme indicado pelo fabricante, corresponde a 13,166 mJ/mm<sup>2</sup>, gerando corpos de prova como o mostrado na **Figura 2**, contendo oito áreas impressas. Cinco corpos de prova foram selecionados, aleatoriamente, para cada ensaio indicado no **Quadro 1**. O parâmetro escolhido para controle da durabilidade da impressão foi a densidade óptica das áreas impressas. Três áreas foram escolhidas (**Figura 2**) e nelas efetuadas, respectivamente, três leituras de densidade óptica, totalizando, deste modo, 45 leituras por ensaio.

**Quadro 1 – Ensaios realizados nas amostras de papel térmico**

Referentes ao papel	Gramatura	ABNT NBR NM ISO 536:2002 - Papel e cartão - Determinação da gramatura
	Espessura	ABNT NBR NM ISO 534:2000 - Papel e cartão - Determinação da espessura, densidade e volume específico.
	Lisura Bekk	ISO 5627:1995 - Papel e cartão - Determinação da lisura (método Bekk).
Referentes à qualidade da impressão	Densidade óptica inicial, no ato da impressão	ASTM F 2036-05 <i>Evaluation of larger area density and background on electrophotographic printers</i> . Equipamento: espectrodensitômetro marca X-Rite, modelo SpectroEye.
	Densidade óptica após exposição a 40°C e 90% de umidade do ar por 7 dias (calor úmido)	Os corpos de prova foram condicionados a (40 ± 2) °C e (90 ± 5) % de umidade relativa do ar por 168 h e as densidades ópticas após o tempo de exposição determinadas.
	Densidade óptica após exposição a 60°C por 24 horas (calor seco)	Os corpos de prova foram condicionados a (60 ± 2) °C por 24 h e as densidades ópticas após o tempo de exposição determinadas.
	Densidade óptica após exposição à luz fluorescente de 5 000 lux por 10 dias (luz)	Os corpos de prova foram expostos à irradiação da lâmpada fluorescente a 5 000 lux durante 240 h e as densidades ópticas após o tempo de exposição determinadas.
	Densidade óptica após contato direto com filme estirável de PVC para contato com alimentos por 24 horas a 25°C	Os corpos de prova foram envolvidos com filme estirável de poli(cloreto de vinila)-PVC, de modo que este tivesse contato com ambos os lados dos corpos de prova, e foram condicionados a (23 ± 2) °C por 24 h. Durante o ensaio, o filme de PVC permaneceu esticado sobre o corpo de prova, sob um peso de aproximadamente 2 kg, distribuído uniformemente sobre a área do corpo de prova e as densidades ópticas após o tempo de exposição determinadas.
	Densidade óptica após contato imediato com creme hidratante para mãos	Foi aplicada na superfície de cada corpo de prova, com o auxílio de um chumaço de algodão, uma camada de creme hidratante para mãos, marca Nivea. Após 30 s, o excesso de creme foi removido com um chumaço de algodão e os corpos de prova foram mantidos a (23 ± 2) °C, ao abrigo de luz, por 24 h e as densidades ópticas após o tempo de exposição determinadas.
Densidade óptica após imersão em água por 1 hora	Os corpos de prova foram imersos em 500 mL de água destilada à temperatura de (23 ± 2) °C, durante 1 h. Após este período, os corpos de prova foram secos ao ar e ao abrigo de luz por 24 h e as densidades ópticas após o tempo de exposição determinadas.	



**Figura 2 - Corpo de prova.**

Para avaliação da sensibilidade dinâmica de papéis térmicos, estes foram impressos empregando-se a impressora térmica Atlantek, modelo 400, no modo sensibilidade dinâmica. Neste modo, corpos de prova como mostrado na **Figura 2**, são impressos no papel utilizando-se dez faixas de energia média que, conforme indicado pelo fabricante, correspondem a: (3,217; 4,623; 6,065; 7,489; 8,876; 10,318; 11,742; 13,166; 14,571 e 15,995) mJ/mm<sup>2</sup>. As densidades ópticas das áreas impressas foram lidas nos pontos mostrados na **Figura 2** e a partir desses dados construídos gráficos de densidade óptica em função da energia de impressão, denominados gráficos de sensibilidade dinâmica.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Referente à qualidade do papel

Na **Tabela 1**, estão os resultados dos ensaios de caracterização das quatro amostras de papel térmico estudadas. Verifica-se que os papéis apresentam conformidade com os intervalos estipulados para papel térmico destinado a ECF no Brasil. Para o requisito de lisura, verifica-se que os valores obtidos estão bem acima do valor mínimo estipulado pelo Ato COTEPE ICMS n.4/10<sup>[8]</sup>.

**Tabela 1 – Resultados referentes ao papel térmico**

Amostra	Gramatura (g/m <sup>2</sup> )	Espessura (μm)	Lisura Bekk (s)
1	56,0 ± 0,3	63 ± 4	717,1 ± 20,0
2	56,6 ± 0,3	68 ± 4	827,2 ± 23,5
3	53,9 ± 0,5	63 ± 4	757,1 ± 25,7
4	54,3 ± 3,3	62 ± 4	591,9 ± 20,9
<b>Requisitos do COTEPE<sup>[8]</sup></b>	50 - 65	55 - 70	> 300

**Notas Tabela 1:**

- Os valores apresentados na tabela referem-se à média de vinte determinações para os ensaios de gramatura e espessura e dez determinações para o ensaio de lisura.
- As incertezas apresentadas nesta tabela referem-se à expandida para k = 2 e nível de confiança de 95 % para todos os ensaios.

As características avaliadas no papel (**Tabela 1**) além de serem as indicadas pelo Ato COTEPE ICMS n.4/10<sup>[8]</sup>, também são as normalmente empregadas pelos fabricantes para monitoramento dos papéis que fabricam. A gramatura e a espessura influenciam a resistência do papel a danos físicos, procedentes do manuseio. A lisura está relacionada com danos à impressora, devido ao atrito do papel com a cabeça de impressão.

No mercado existem papéis térmicos com distintas gramaturas e espessuras, sendo que é a destinação dada ao papel que define a especificação para esses parâmetros. Para aplicação em cupom fiscal, é desejável que a gramatura do papel seja baixa, o que geralmente leva a custos menores e resulta em bobinas de tamanho reduzido, que ocupam menos espaço no local de guarda do material e demandam impressoras menores<sup>[14]</sup>.

Conforme apresentado na **Tabela 1**, no Brasil, os papéis empregados em emissores de cupom fiscal devem apresentar gramatura entre (50 – 65) g/m<sup>2</sup> e espessura entre (55 – 70) μm [8]. Na Itália, estes valores são um pouco diferentes, mas abrangem a faixa brasileira. Nos EUA, são encontrados papéis de gramatura de 48 g/m<sup>2</sup> ou 55 g/m<sup>2</sup>, sendo este último o mais utilizado [15].

### 3.2 Referente à qualidade de impressão

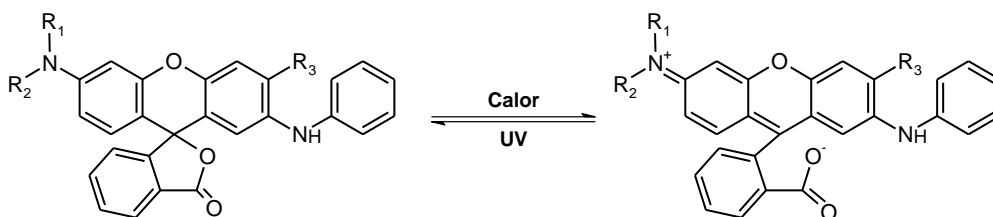
Na **Tabela 2**, são apresentados os resultados de densidade óptica de regiões impressas em papéis térmicos para ECF, antes e após a exposição a seis fatores de estresse indicados no Ato COTEPE ICMS n.4/10 [8]. Os resultados mostram que os papéis testados mantiveram uma densidade óptica elevada mesmo após as exposições aos agentes físicos e químicos.

**Tabela 2 – Resultados referentes à exposição dos papéis a agentes químicos e físicos**

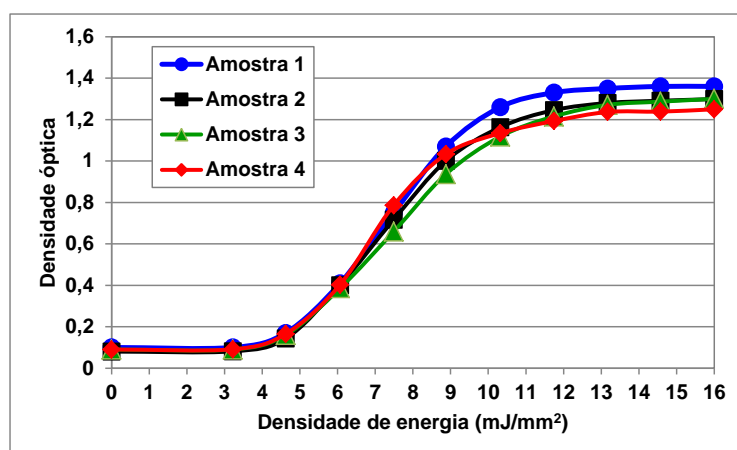
Amostra	Densidade óptica						
	Antes da exposição	Calor e umidade	Calor seco	Luz fluorescente	PVC	Creme de mãos	Imersão em água
1	1,24 (0,04)	1,24 (0,04)	1,25 (0,02)	1,13 (0,02)	1,24 (0,02)	1,27 (0,06)	1,08 (0,02)
2	1,36 (0,01)	1,23 (0,02)	1,31 (0,01)	1,30 (0,02)	1,36 (0,03)	1,40 (0,02)	1,08 (0,01)
3	1,34 (0,01)	1,34 (0,02)	1,37 (0,02)	1,30 (0,02)	1,31 (0,03)	1,38 (0,06)	1,20 (0,01)
4	1,32 (0,01)	1,26 (0,03)	1,26 (0,05)	1,25 (0,02)	1,27 (0,02)	1,32 (0,01)	1,05 (0,02)

**Nota Tabela 2:** Os valores entre parênteses referem-se à variação das vinte e cinco leituras em relação ao valor médio.

A reação de formação da impressão térmica é um equilíbrio químico entre as formas incolor e colorida do corante (**Figura 3**). Quanto maior a quantidade de calor fornecida ao papel no ato da impressão, maior será a quantidade de moléculas de estrutura colorida formada e, portanto, maior a densidade óptica da região impressa. Esta relação entre quantidade de calor e a densidade óptica da impressão é facilmente observada em gráficos de sensibilidade dinâmica da impressão (**Figura 4**).



**Figura 3 - Esquema da reação química de corantes do tipo leuco em presença de calor [16].**



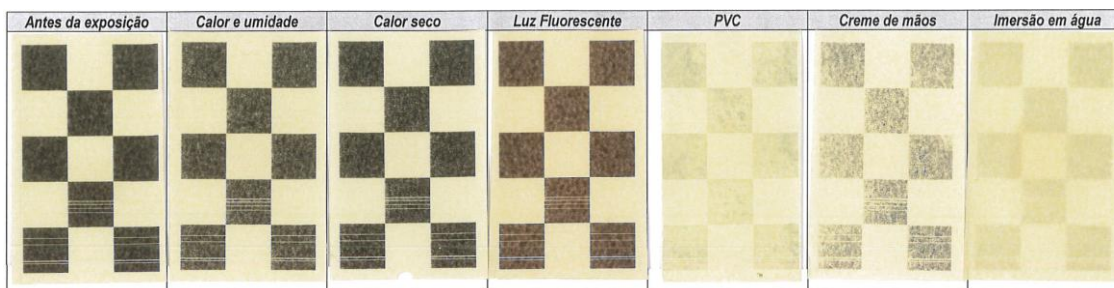
**Figura 4 – Gráfico de sensibilidade dinâmica da impressão térmica para quatro amostras de papel térmico.**

Da **Figura 4**, verifica-se que o máximo de densidade óptica dos papéis analisados está entre 1,20 e 1,36, sendo obtido para densidades de energia igual ou maiores que 13,17 mJ/mm<sup>2</sup>, ou seja, para estas condições de impressão, o maior número possível de moléculas do corante encontra-se na sua forma colorida (condição de saturação).

A legislação brasileira exige que, para testes de controle da qualidade de papéis térmicos para ECF, a impressão seja realizada empregando-se a densidade de energia de 13,166 mJ/mm<sup>2</sup> e que a densidade óptica da impressão seja no mínimo 1,20. Estes valores são condizentes com a condição de saturação da forma colorida do corante determinada nos gráficos de sensibilidade dinâmica (**Figura 4**). Os resultados de densidade óptica apresentados na **Tabela 2** mostram que os papéis térmicos avaliados neste trabalho apresentaram conformidade com a legislação brasileira (Ato COTEPE ICMS n.4/10<sup>[8]</sup>).

A exigência de realização da impressão empregando-se densidade de energia elevada visa garantir uma maior durabilidade da mesma, pois desta maneira, mesmo que algumas moléculas de corante voltem para sua forma incolor, por conta da ação de um fator externo, a impressão se manterá legível.

Dentre os fatores que podem afetar o equilíbrio entre as formas incolor e colorida do corante térmico, levando a um desaparecimento da impressão, encontram-se os agentes indicados na **Tabela 2** (calor e umidade extremos, luz ultravioleta, substâncias tais como água, óleo, plastificante, solventes orgânicos entre outros<sup>[17]</sup>). Na **Figura 5**, são apresentadas imagens de impressões térmicas afetadas pelos agentes mencionados na **Tabela 2**.

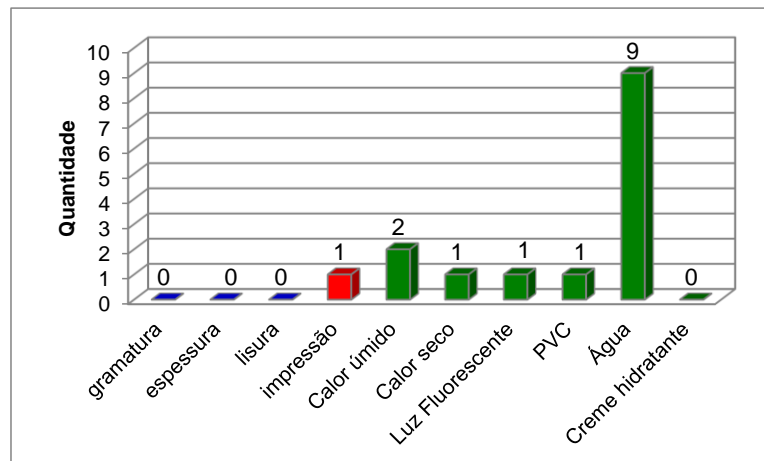


**Figura 5 – Ação de agentes químicos e físicos sobre a impressão térmica.**

A avaliação da resistência da impressão térmica realizada pelos fabricantes emprega o monitoramento da densidade óptica da impressão antes e após a exposição a agentes físicos e químicos. Foi baseado nestes testes desenvolvidos pelos fabricantes que o governo brasileiro criou os ensaios de avaliação da resistência da impressão de papéis térmicos para ECF englobando seis condições de estresse (**Tabela 2**) e determinou como 1,00 o limite de densidade óptica aceitável após a ação dos agentes estressantes. O regulamento italiano, por sua vez, instituiu apenas três condições de teste: exposição à luz fluorescente de 5 000 lux por 100 h; exposição ao calor úmido de  $(40 \pm 1) ^\circ\text{C}$  e  $(80 \pm 2) \% \text{ U.R.}$  por 7 dias e resistência ao calor seco de  $(50 \pm 2) ^\circ\text{C}$  por 7 dias. Sendo que os limites aceitáveis de densidade óptica são: maior ou igual a 1,05 quando da impressão e maior ou igual a 0,60 após a realização dos testes.

Os resultados de densidade óptica dos papéis avaliados neste estudo (**Tabela 2**) apresentaram conformidade com o limite estipulado pela legislação brasileira após ação de agentes estressantes, sendo, respectivamente, o que mais afetou a densidade óptica e, por conseguinte a impressão, foi o contato com o plastificante do filme de PVC, com o creme para as mãos e com a água.

Desde 2010, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) por meio de seu Laboratório de Papel e Celulose (LPC) é homologado pelo Ministério da Fazenda para realizar as análises exigidas pelo Ato COTEPE ICMS n.4/10<sup>[8]</sup>. Nestes quatro anos, foram atendidas vinte e duas empresas, sendo 10 fabricantes, 8 importadores e 4 convertedores de papéis térmicos, totalizando dezesseis tipos de papéis térmicos distintos. Na **Figura 6**, é apresentado um gráfico do número de amostras que apresentaram não conformidade aos requisitos do Ato COTEPE ICMS n.4/10<sup>[8]</sup>. O principal motivo de não conformidade foi a manutenção da densidade óptica da impressão após o contato com água.



**Figura 7 – Não conformidade em função dos ensaios realizados. Os ensaios marcados em azul se referem aos de controle do papel; em vermelho, ao ensaio de impressão térmica; e em verde, aos ensaios de impressão térmica após contato com os fatores de estresse indicados.**

Os papéis analisados (**Tabela 1** e **Tabela 2**) mostram concordância com o histórico apresentado na **Figura 7**.

### 3.3 Permanência da impressão

A permanência da impressão é um fator de extrema importância, principalmente quando se pensa na aplicação dos papéis térmicos em cupons fiscais e comprovantes de transações bancárias, onde, por questões jurídicas, o período decadencial de guarda dos documentos deve ser de cinco anos <sup>[18]</sup>.

Os métodos normalmente empregados para prever a permanência da impressão se baseiam em ensaios de envelhecimento acelerado. Estudos realizados por Ferreira e D'Almeida <sup>[19]</sup> indicaram que tais ensaios não se aplicam a papéis térmicos. As autoras observaram que não é possível a aplicação do modelo de Arrhenius para papéis térmicos, uma vez que, entre outros motivos, o fator de estresse para decomposição da cor da impressão é justamente o empregado na revelação do corante, ou seja, calor, levando à concorrência entre a reação de formação e decomposição do corante.

Conhecendo a sensibilidade das impressões térmicas, os fabricantes de papel térmico manipulam a formulação do revestimento térmico de forma a estabilizar a estrutura colorida do corante e protegê-la de ataques externos. Estes fabricantes afirmam ser possível produzir papéis cuja impressão pode apresentar uma permanência entre 5 e 25 anos <sup>[11]</sup>, desde que o papel térmico impresso seja manuseado e guardado em condições especiais a fim de se evitar exposições às condições de dano mencionadas neste estudo.

É importante ressaltar que os testes descritos no Ato COTEPE ICMS n.4/10 <sup>[8]</sup>, embora permitam prever a resistência da impressão, não servem para prever sua permanência ao longo do tempo. O período de permanência da impressão só pode ser fornecido pelos fabricantes, uma vez que estes possuem dados históricos de monitoramento das diversas formulações de seus papéis térmicos.

## 4. CONCLUSÕES

Os ensaios indicados no Ato COTEPE ICMS n.4/10 <sup>[8]</sup>, embora visem o controle de qualidade de papéis térmicos para uso em emissor de cupom fiscal, podem ser empregados no controle da qualidade de qualquer papel térmico, uma vez que abrangem os vários fatores que afetam a impressão nesse tipo de papel. Entretanto, os limites e requisitos indicados no referido Ato podem ser revistos dependendo das necessidades associadas à aplicação do papel térmico. Por exemplo, para papéis onde manter as características iniciais da impressão não é primordial (durabilidade), o limite de densidade óptica igual a 1,00 após a ação dos fatores de estresse poderia ser reduzido.

A permanência da impressão ao longo do tempo, mesmo com alguma perda de sua densidade óptica, é praticamente impossível de ser prevista por meio de ensaios específicos. Apenas o fabricante do papel pode garantir o período de permanência, por ser conhecedor da formulação. Entretanto, o atendimento aos limites e requisitos indicados no Ato COTEPE ICMS n.4/10<sup>[8]</sup> pode ser empregado como ferramenta de avaliação da qualidade de papéis térmicos.

## REFERÊNCIAS

1. APPLETON PAPERS INC. Glanz, K.D.; Bartman, G.C. Thermally-responsive Record Material. *US Patent 4870047*, 09 de abril de 1984
2. Jones, J. "The History of Thermal Paper". Disponível em <<http://www.buyrolls.com/blog/2011/08/the-history-of-thermal-paper/>>, consultado em 25/03/2014
3. Jones, J. "Thermal paper Overview". Disponível em <<http://www.buyrolls.com/blog/2012/10/thermal-paper-overview/>>, consultado em 25/03/2014
4. Questel Orbit ®. Axonal Consultoria Tecnológica Ltda. (2011)
5. OJI PAPEIS ESPECIAIS. Disponível em <<http://ojipapeis.com.br/produtos/termicos>>, consultado em 27/03/2014
6. TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED. James K. Truitt. Thermal Paper Coating. United States Patent 3953659, 27 de abril de 1976
7. Jones, J. "Every day uses for thermal paper". Disponível em <<http://www.buyrolls.com/blog/2012/10/everyday-uses-for-thermal-paper/>>, consultado em 27/03/2014
8. BRASIL. Ato COTEPE/ICMS nº4, de 11 de março de 2010. Dispõe sobre a Especificação de Requisitos Técnicos da bobina de papel para uso em equipamento Emissor de Cupom Fiscal (ECF) e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, seção 1, p. 8, 17 mar. 2010
9. ITÁLIA. Provedimento del 30/01/2012. Modifica del D.M. 23 marzo 1983 e successive integrazioni e modificazioni. Disciplina dell'utilizzo di carte termosensibili per l'emissione di scontrini fiscali e di altridocumenti fiscali emessi con apparecchi misuratori fiscali. Sostituzione allegato E al D.M. 23 marzo 1983, introdotto dal D.M. 30 marzo 1992. Disponível em <<http://www.agenziaentrate.gov.it/wps/wcm/connect/6bc26a8049fee66ba2b5aaf04737a844/Modifiche+al+DM+23+marzo+1983+allegato+E.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=6bc26a8049fee66ba2b5aaf04737a844>>, consultado em 27/03/2014
10. KOEHLER PAPER GROUP. Disponível em <<http://www.koehlerpaper.com/en/service/downloads.php?category=1295970302493>>, consultado em 27/03/2014
11. JUJO THERMAL LTDA. Disponível em <[http://www.jujothermal.com/thermal\\_papers](http://www.jujothermal.com/thermal_papers)>, consultado em 27/03/2014
12. MITSUBISHI HITEC PAPER EUROPE GMBH. Disponível em <[http://www.mitsubishi-paper.com/en/specialpapers\\_thermoscript\\_datasheets.html](http://www.mitsubishi-paper.com/en/specialpapers_thermoscript_datasheets.html)>, consultado em 27/03/2014.
13. APPVION. Disponível em <<http://www.appletonideas.com/Appleton/jsps/thermalpdflanding.do?langId=-1>>, consultado em 27/03/2014
14. Jones J. "Benefits of thermal paper". Disponível em <<http://www.buyrolls.com/blog/2012/10/the-benefits-of-thermal-paper/>>, consultado em 01/04/2014
15. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. "Certain Lightweight Thermal Paper from China, Germany and Korea". Publication 3964, Novembro 2007. Disponível em <<http://books.google.com.br/books?id=OvliG3hMpVEC&pg=SL9-PA7&lpg=SL9-PA7&dq=thermal+paper+annual+consumption&source=bl&ots=31TILb2Scu&sig=kWHPK8a5CebMta2-yVPYFWTtCQ&hl=pt-BR&sa=X&ei=LC0wU62CGdSJ2AXC74GYBg&ved=0CDkQ6AEwAg#v=onepage&q=thermal%20paper%20annual%20consumption&f=false>>, consultado em 01/04/2014
16. RICOH COMPANY. REWRITABLE PRINTING TECHNOLOGY. Disponível em <<http://www.ricoh.com/about/company/technology/tech/004.html>>, consultado em 01/04/2014
17. TORRAS PAPEL. Training Thermal Paper. Disponível em <<http://www.torraspapel.com/Conocimiento%20Tcnico/AboutPaperThermal.pdf>>, consultado em 09/12/2011
18. Castro, C.J.L.; Victorino, C.R.; Tobias, J.J. "Guarda e Manutenção de Documentos Fiscais". 3ª edição com base na legislação em vigor em fevereiro de 2010. Disponível em <[http://www.fenacon.org.br/usuarios/arquivos%5Cpublicacoes%5CGUIA\\_DE\\_PRAZOS\\_\\_FENACON\\_vers%C3%A3o\\_2010.pdf](http://www.fenacon.org.br/usuarios/arquivos%5Cpublicacoes%5CGUIA_DE_PRAZOS__FENACON_vers%C3%A3o_2010.pdf)>, consultado em 03/04/2014
19. Ferreira, D.C.; D'Almeida, M. L. O. "Difficulties in the Application of the Arrhenius Model to Predict Thermal Printing Lifetime". *O Papel*. v. 74, p. 51-55. (2013)