

Identificação de parâmetros de qualidade de impressão para a garantia da detecção de estruturas presentes na mamografia digital*

Hardcopy quality parameters to ensure structures detection at digital mammography

Rafael Eidi Goto¹, Silvio Ricardo Pires², Regina Bitelli Medeiros³

Resumo **Objetivo:** Desenvolver procedimentos que garantam a constância e qualidade de impressão das imagens digitais, mediante análise quantitativa das imagens impressas utilizando um padrão de imagem. **Materiais e Métodos:** Foram estudadas as características dos filmes mamográficos (DI-ML) e de uso geral (DI-HL) por meio do teste QC-Test sob diferentes processamentos utilizando a impressora FujiFilm®-DryPix4000. Foi criado um software para avaliação sensiométrica que gera uma imagem digital contendo uma escala de níveis de cinza e um padrão de barras para avaliação das resoluções de contraste e espacial. **Resultados:** Filmes mamográficos apresentaram valores de densidade óptica máxima 4,11, enquanto os comuns apresentaram valores 3,22. A imagem digital foi desenvolvida com 33 passos de enegrecimento e um padrão de barras de alto contraste (1 a 30 p/cm) para avaliação da resolução espacial. **Conclusão:** Verificou-se que o filme mamográfico apresenta um maior valor de densidade máxima e maior índice de contraste, comparado ao filme de uso geral. O processamento digital utilizado apenas alterou os valores da matriz de pixels da imagem e não influenciou o padrão de impressão. O padrão de imagem digital proposto permite maior controle da relação entre os valores de pixel e densidade ótica obtida na verificação da qualidade dos filmes e do sistema de impressão. **Unitermos:** Impressão; Controle de qualidade; Sensibilidades de contraste; Mamografia.

Abstract **Objective:** To develop procedures to ensure consistency of printing quality of digital images, by means of hardcopy quantitative analysis based on a standard image. **Materials and Methods:** Characteristics of mammography DI-ML and general purpose DI-HL films were studied through the QC-Test utilizing different processing techniques in a FujiFilm®-DryPix4000 printer. A software was developed for sensitometric evaluation, generating a digital image including a gray scale and a bar pattern to evaluate contrast and spatial resolution. **Results:** Mammography films showed maximum optical density of 4.11 and general purpose films, 3.22. The digital image was developed with a 33-step wedge scale and a high-contrast bar pattern (1 to 30 lp/cm) for spatial resolution evaluation. **Conclusion:** Mammographic films presented higher values for maximum optical density and contrast resolution as compared with general purpose films. The utilized digital processing technique could only change the image pixels matrix values and did not affect the printing standard. The proposed digital image standard allows greater control of the relationship between pixels values and optical density obtained in the analysis of films quality and printing systems. **Keywords:** Hardcopy; Quality control; Contrast sensitivity; Mammography.

Goto RE, Pires SR, Medeiros RB. Identificação de parâmetros de qualidade de impressão para a garantia da detecção de estruturas presentes na mamografia digital. Radiol Bras. 2013 Mai/Jun;46(3):156-162.

* Trabalho realizado na Coordenadoria de Física e Higiene das Radiações do Departamento de Diagnóstico por Imagem da Escola Paulista de Medicina – Universidade Federal de São Paulo (EPM-Unifesp), São Paulo, SP, Brasil. Apoio financeiro: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp).

1. Especialista em Física Médica, Mestre, Departamento de Diagnóstico por Imagem da Escola Paulista de Medicina – Universidade Federal de São Paulo (EPM-Unifesp), São Paulo, SP, Brasil.

2. Doutor, Professor Adjunto do Departamento de Informática em Saúde da Escola Paulista de Medicina – Universidade Federal de São Paulo (EPM-Unifesp), São Paulo, SP, Brasil.

3. Doutora, Professora Associada do Departamento de Diagnóstico por Imagem da Escola Paulista de Medicina – Universidade Federal de São Paulo (EPM-Unifesp), São Paulo, SP, Brasil.

Endereço para correspondência: Rafael Eidi Goto. Rua Itin-guçu, 1620, Vila Ré. São Paulo, SP, Brasil, 03658-001. E-mail: eidigoto@gmail.com.

Recebido para publicação em 6/3/2012. Aceito, após revisão, em 7/3/2013.

INTRODUÇÃO

A radiologia digital já é uma realidade nacional e permite um leque de possibilidades com relação a obtenção e processamento das imagens que fundamentalmente interferem na geração de diagnósticos precisos. Para garantir a qualidade das imagens radiológicas, independentemente da tecnologia utilizada, é extremamente importante assegurar a qualidade de sua apresentação em filmes, por meio do controle do processamento úmido e do processo de impressão a seco, bem como em monitores por meio

do controle da qualidade dos monitores específicos⁽¹⁾.

A utilização de técnicas digitais e o processamento de imagens é um dos ramos da área das ciências da computação em constante desenvolvimento e que tem auxiliado os radiologistas na tomada de decisões que permitem maior exatidão no diagnóstico⁽²⁾. Métodos de processamento de imagem são aplicados em papel secundário, entre eles os que propiciam realce de contraste com identificação de bordas, ajuste da escala de brilho, subtração de energia, entre outros⁽³⁾. Estes parâmetros geram a gradação da ima-

gem nomeada *look-up-table* (LUT), que é definida para cada modalidade de exame pelos fabricantes do sistema de processamento.

As impressoras a seco atuais seguem duas tecnologias, como descrito a seguir.

1) *Sem uso de laser* – Equipamentos que possuem resolução de contraste e espacial reduzida, podem ser divididos em grupos térmicos e com sistema de jato de tinta ou cera, mas não são o foco do estudo nesse momento.

2) *Com uso de laser* – Equipamentos com maior capacidade de representação de pequenas estruturas com maior resolução espacial e ampla resolução de contraste. Podem ser divididos em: a) sistemas térmicos – possuem ou não cabeçotes de impressão térmicos e atuam com a sublimação dos corantes ou pela absorção de energia térmica nos tambores de rotação; b) mídias fotossensíveis – os sistemas fototermográficos, que têm como exemplos os modelos Kodak® DryView, Fuji® FM-DP L e Konika® DryPro.

Os equipamentos fototermográficos utilizam lasers de diodo com emissão de raios infravermelhos (810 nm), possuem ponto focal extremamente pequeno, cerca de 40 a 80 micra, permitindo uma resolução de 400 a 800 dpi, são fontes emissoras de luz muito estáveis com força de emissão modulada e precisa, fornecendo um amplo limite dinâmico (vários níveis de cinza) e altíssima velocidade de produção da imagem. A Figura 1 apresenta um modelo de modulação do laser genérico.

O dispositivo emite um feixe de laser no modulador acústico-óptico, onde este feixe varre em linha nos cilindros de rolamento por intermédio de espelhos poligonais, lentes F-theta e espelhos cilíndricos.

A Figura 2 representa a estrutura de construção do filme de impressoras a laser, bem como a do processamento seco no registro da imagem.

O filme é composto por três camadas: antiespalhamento, revestimento e fototermográfica composta de haletos de cristal de prata, em que a formação da imagem ocorre por meio da reação do íon de prata em prata metálica. A sustentação do filme é por meio de uma base plástica de poliéster.

As impressoras fototermográficas utilizam radiação laser infravermelha para criar

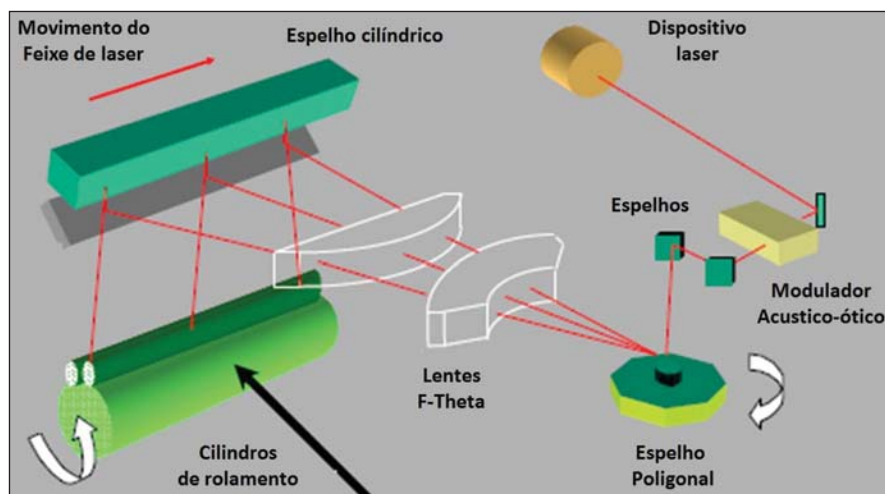


Figura 1. Modelo de modulação do laser genérico. Esquema genérico de feixe de laser modulado em impressoras.

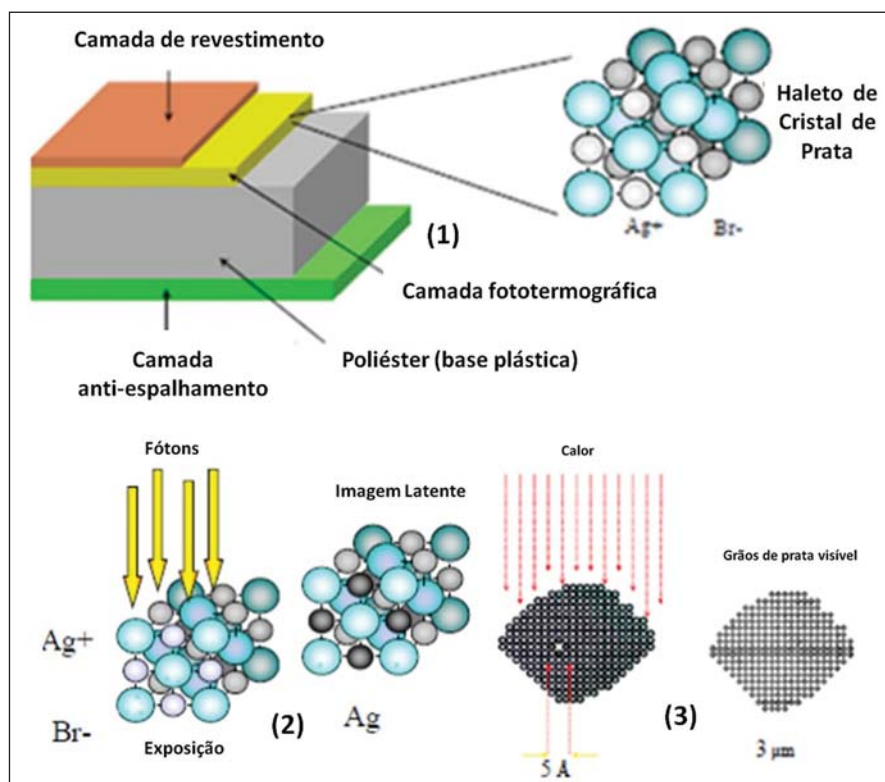


Figura 2. Estrutura de construção do filme de impressoras a laser e do processamento seco no registro da imagem. Representação do filme radiográfico específico para impressoras a laser e o modelo de formação de prata metálica após exposição aos fótons do laser por meio do processo catalítico do calor.

uma espécie de “imagem latente” na camada sensível do filme, transformando a prata metálica Ag^+ em prata metálica Ag^0 , que será convertida em imagem visível mediante processo térmico com densidades moduladas de partículas de prata metálica escura. A energia térmica atua na imagem latente para revelar, por meio de um pro-

cesso catalítico, transformando os cristais de “be-henato de prata” circunvizinhos aos átomos de prata metálica.

Segundo recomendações dos fabricantes, para a impressão de imagens radiográficas devem ser feitos os testes de controle de qualidade de impressão a cada troca de caixas de filmes, após manutenções e pe-

riodicamente, de acordo com a instalação dos clientes. Em geral, esses testes utilizam uma escala de enegrecimento não linear, modulado computacionalmente para a reprodução de um padrão similar à curva sensitométrica Hurter & Driffield (H&D).

Estudos comparativos entre processadoras e impressoras a seco vêm sendo efetuados para fins de identificação das vantagens tecnológicas na obtenção das imagens⁽⁴⁾. Estudo utilizando imagens odontológicas digitais comparou imagens impressas em equipamentos térmicos profissionais, impressoras a jato de tinta comuns e visualizadas em monitores e concluiu que há diferenças significativas entre elas⁽⁵⁾.

Para imagens mamográficas digitais, foram realizados testes comparativos em impressoras a laser secas e úmidas, concluindo que ambas podem representar as estruturas avaliadas, porém a preferência é pelo uso de impressoras a seco, que evitam os resíduos químicos líquidos⁽⁴⁾. Outros estudos demonstraram que as radiografias não devem ser expostas diretamente ao sol nem a calor excessivo que ultrapasse 35°C, pois pode ocorrer alteração nos níveis de densidade óptica do filme, sendo aconselhável armazená-las em envelopes para minimizar esses efeitos^(6,7). Em mamografia digital a reprodução fidedigna da imagem observada no monitor em filme é essencial para garantir a visualização das diminutas estruturas eventualmente existentes^(8,9).

O objetivo deste trabalho é desenvolver procedimentos que garantam a constância e qualidade de impressão das imagens radiológicas digitais, por meio de análise subjetiva e objetiva das imagens impressas com o uso de um padrão de imagem que contenha uma escala de cinza, conforme recomendado internacionalmente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado um simulador mamográfico CIRS® modelo 011A, um mamógrafo Philips® modelo MD4000™, um sistema CR FujiFilm® modelo FCR ProfectOne™ equipado com placa de imagem HR-BD tamanho 18 × 24 cm² e impressora Drypix 4000™, um monitor específico Clinton® modelo DL-3000 de 3,0 Mpixels e um negatoscópio Konex® modelo KO-NM4. Inicialmente, obteve-se uma imagem do simu-

lador CIRS®, a qual foi manipulada por meio de três tipos de processamento frequentemente utilizados para o sistema CR Fuji, gerando três imagens impressas. Paralelamente, foi desenvolvido um *software* em linguagem Delphi 7®, do fabricante Borland®, que gera um novo padrão de imagem para verificar a qualidade de impressão. Este procedimento foi realizado com filmes específicos para mamografia e filmes para propósitos gerais. A análise das imagens foi efetuada em monitor e em negatoscópio.

Os processamentos utilizados foram: o recomendado pelo fabricante como padrão no Japão para visualização das mamas (P1); o mais utilizado pelos especialistas no Brasil para realce de bordas (P2); e o que proporciona aumento de contraste (P3). Esses filtros digitais foram aplicados na imagem previamente selecionada e impressa sob três níveis de ajuste das curvas LUT, com o objetivo de verificar a influência da LUT sobre cada processamento. A qualidade das imagens simuladas foi avaliada sob diferentes padrões de impressão, obtidos com o uso de filtros digitais com diferentes curvas de LUT das impressoras, de forma automática por meio de teste recomendado pelo fabricante, denominado QC-Test. Este teste consiste na avaliação dos graus de enegrecimento do filme, a partir de um padrão estabelecido pelo fabricante, no qual é reproduzida uma curva semelhante à curva sensitométrica dos filmes radiológicos convencionais. Foram disponibilizados para seleção os valores -3, 0, 2 e 4 de densidade máxima ajustados no painel de controle da impressora, e os resultados das imagens impressas foram mensurados com o densitômetro óptico Victoreen modelo 07-443 da Nuclear Associates, para fins comparativos.

Utilizando o monitor, foram medidos os valores médios do pixel e desvios-padrão nas regiões de interesse (ROI) com área retangular de $50 \pm 5 \text{ mm}^2$ nas estruturas 14 a 18 e área circular de $30 \pm 3 \text{ mm}^2$ na zona de referência do simulador, áreas estas capazes de englobar praticamente toda a estrutura de interesse. Para as imagens impressas, as densidades ópticas foram medidas cinco vezes em cada ponto correspondente onde foi possível obter uma relação entre densidade óptica, valor de pixel e in-

tensidade luminosa. As imagens foram impressas em filmes DI-HL (filme para uso geral) e DI-ML (específicos para mamografia), o qual possibilita a obtenção de imagens com maior contraste e densidade máxima. A avaliação da qualidade da impressão foi realizada por três físicos médicos e dois tecnólogos em radiologia, por meio da análise visual da quantidade e tamanho das menores estruturas visualizadas nas imagens impressas do simulador efetuadas.

Paralelamente, foi desenvolvido um *software* para avaliação sensitométrica que gera uma imagem padrão contendo uma escala de níveis de cinza e um padrão de barras para avaliação das resoluções de contraste e espacial. Esta imagem pode ser em formato TIFF (*tagged image file format*) ou DICOM (*digital imaging and communications in medicine*) de 8 ou 16 bits, com matriz de $2,5 \text{ k} \times 2 \text{ k}$, e apresenta 33 tons de enegrecimento (base mais 32 níveis) e um padrão de barras de dois pares de linha por centímetro (pl/cm) até 30 pl/cm nos dois sentidos do filme, para avaliação da resolução espacial, conforme mostra a Figura 3. Este padrão de imagem proposto foi comparado com os padrões de imagens de teste recomendados por organizações internacionais como a American Association of Physicists in Medicine (AAPM), a

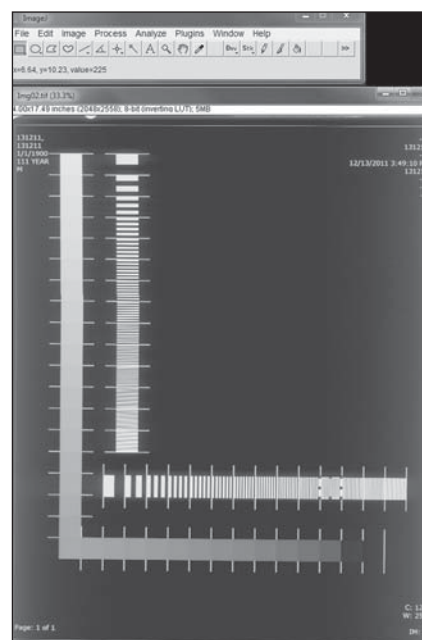


Figura 3. Imagem gerada computacionalmente pelo Delphi. Seleção da ROI na imagem usando o ImageJ.

National Electrical Manufacturers Association (NEMA) e a International Atomic Energy Agency (IAEA), além dos testes do fabricante. Todas as imagens foram impressas utilizando a curva LUT determinada pelo fabricante, onde foram lidas as densidades ópticas de cada passo de tons de cinza da imagem padrão gerada e comparada com os valores de densidade óptica obtidos no monitor.

A imagem desenvolvida para a avaliação das impressoras contém barras de alto contraste na horizontal e vertical, variando entre 1 e 30 pI/cm, onde pode ser selecionada uma ROI em cada um dos intervalos da imagem. O mesmo método foi realizado na escala de contraste.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos com relação às imagens impressas nos filmes DI-HL (uso geral) e DI-ML (específico para mamografia). Os observadores não apresentaram divergência quanto ao tamanho e número das estruturas visualizadas.

Resultados do QC-Test recomendado pelo fabricante para densidades máximas de -3, 0, 2 e 4 são mostrados na Figura 4.

Tabela 1 Estruturas visualizadas para diferentes combinações de processamento e LUT nos filmes Fuji DI-HL e DI-ML.

| Filme | P | LUT | Estruturas visualizadas | Menores estruturas visualizadas |
|-------|----|-----|-------------------------|---------------------------------|
| DI-ML | P1 | 1 | 29 | 3, 22 e 29 |
| | | 2 | 27 | 4, 22 e 28 |
| | | 3 | 29 | 3, 22 e 29 |
| | P2 | 1 | 29 | 3, 22 e 29 |
| | | 2 | 30 | 3, 22 e 30 |
| | | 3 | 30 | 3, 22 e 30 |
| | P3 | 1 | 30 | 3, 22 e 30 |
| | | 2 | 30 | 3, 22 e 30 |
| | | 3 | 30 | 3, 22 e 30 |
| DI-HL | P1 | 1 | 28 | 3, 22 e 28 |
| | | 2 | 28 | 3, 22 e 28 |
| | | 3 | 29 | 3, 22 e 29 |
| | P2 | 1 | 29 | 3, 22 e 29 |
| | | 2 | 29 | 3, 22 e 29 |
| | | 3 | 30 | 3, 22 e 30 |
| | P3 | 1 | 30 | 3, 22 e 30 |
| | | 2 | 30 | 3, 22 e 30 |
| | | 3 | 30 | 3, 22 e 29 |

P, tipo de processamento.

Foi alterado o valor da densidade máxima na impressora e realizado o teste padrão do fabricante, no caso QC-Test, e foram avaliados os valores de densidade óptica em cada imagem. O resultado observado foi semelhante entre os diferentes

ajustes. A impressora aplica um processamento semelhante ao resultado clássico da curva H&D.

Os resultados da comparação entre os filmes HL e ML estão apresentados na Figura 5.

Conhecida a resposta do QC-Test, foi realizada comparação da resposta do filme ML (específico para mamografia) e do filme HL (propósito geral). Foi efetuado um ajuste na região linear para determinar a diferença da taxa de contraste entre os filmes HL e ML.

A Figura 6 apresenta o resultado obtido do padrão utilizado para testes de impressão recomendados pela AAPM (PQC-Pattern), que possibilita a avaliação da resolução de contraste e resolução espacial do sistema de impressão. Mostra o comportamento da variação da densidade óptica em função dos passos propostos pelo TG-18-PQC, em que é possível realizar um ajuste na região linear para rastrear variações na taxa de contraste ao longo do tempo.

Seguindo as recomendações da IAEA, foram avaliados os parâmetros sensitométricos dos filmes obtidos com o padrão de imagem proposto (Figura 3) e a imagem da AAPM. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2.

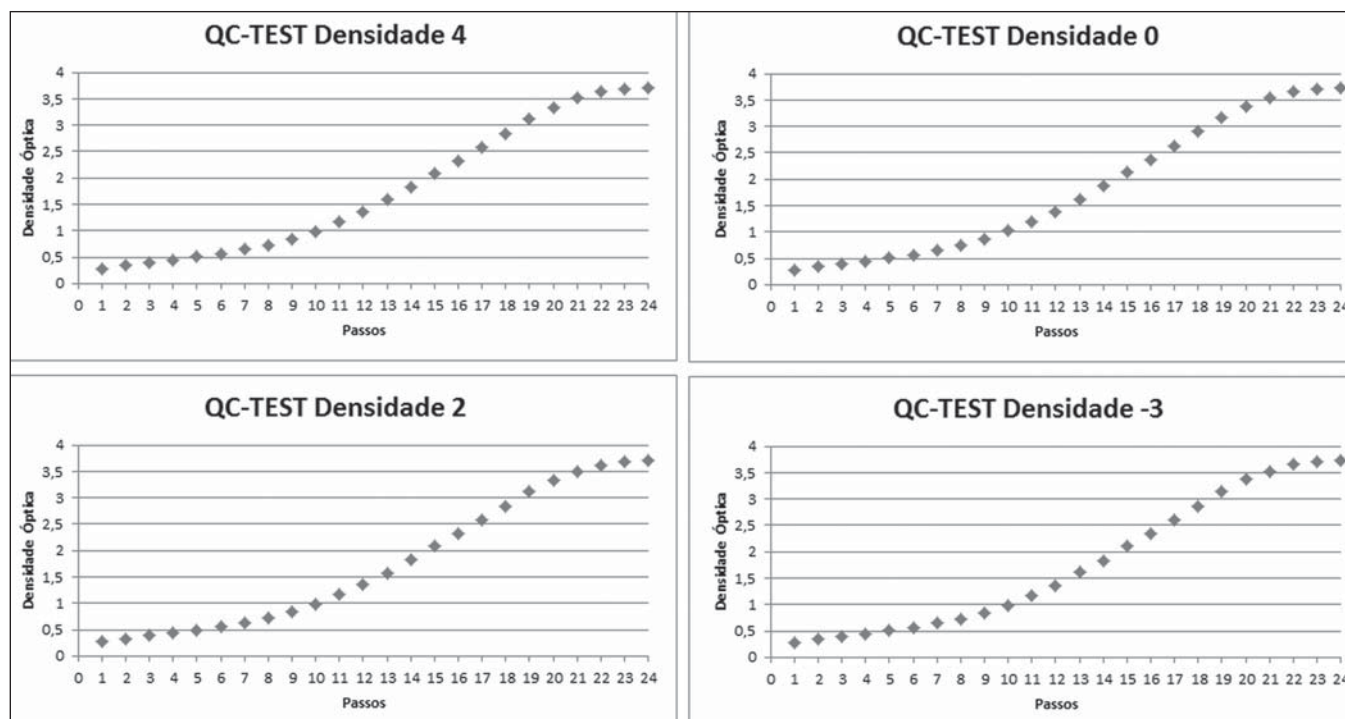


Figura 4. Curvas de calibração do QC-Test utilizando diferentes valores para densidade máxima.

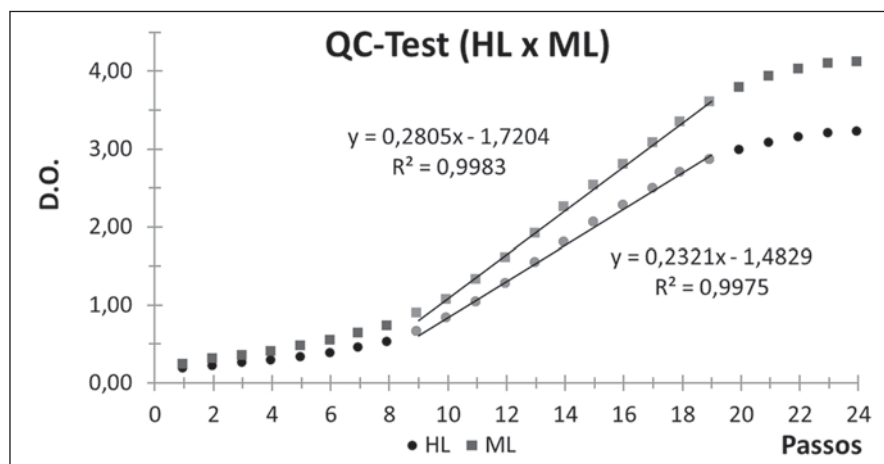


Figura 5. Comparação de desempenho entre os filmes específicos para impressão de mamografias e os filmes para propósitos gerais.

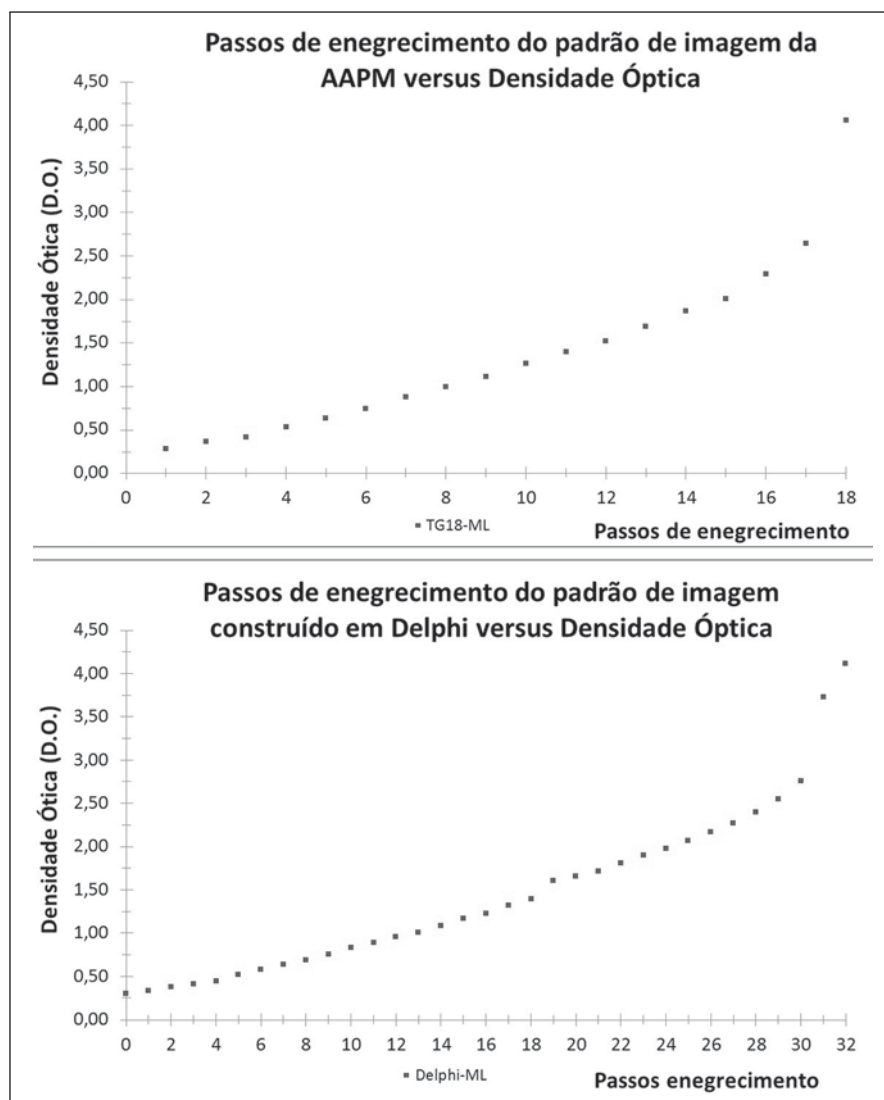


Figura 6. Comportamento da variação da densidade óptica em função dos passos propostos pelo TG-18-PQC e construído computacionalmente com o Delphi. Passos versus densidade óptica da imagem padrão PQC da AAPM.

Tabela 2 Resultados da avaliação seguindo a IAEA com as imagens da AAPM e geradas em Delphi.

| Parâmetro | Delphi | AAPM |
|------------------|-------------|-------------|
| D _{máx} | 4,05 ± 0,01 | 4,07 ± 0,01 |
| DD | 1,71 ± 0,01 | 1,64 ± 0,01 |
| MD | 1,22 ± 0,01 | 1,32 ± 0,01 |
| Base + véu | 0,31 ± 0,01 | 0,29 ± 0,01 |

D_{máx}, densidade máxima; DD, diferença de densidade; MD, densidade média.

DISCUSSÃO

O ganho no poder de percepção de estruturas de interesse diminutas com grande diferença de contraste, ou de estruturas de contraste equivalente, são exemplos da crescente preocupação na melhora da tecnologia que envolve a qualidade da imagem radiológica^(10,11). Considerando a tecnologia de impressão de imagens radiológicas, estudos indicam que os filmes com revelação a seco possuem diferentes reagentes químicos em sua superfície em relação aos filmes com revelação úmida (convencionais)⁽⁶⁾. Observamos, na prática, que se estes filmes forem molhados, seja por suor das mãos ou umidade excessiva no ar, podem ser gerados artefatos de imagem, sendo necessários controles rigorosos de temperatura ambiental, umidade relativa do ar, armazenamento e manipulação, segundo recomendação do fabricante.

Praticamente, a maioria das impressoras a seco voltadas para o uso da radiologia possui algum tipo de teste de controle de qualidade ou calibração. No caso das impressoras Drypix 4000TM, o QC-Test mostrou-se útil apenas para análise comparativa da resposta dos filmes radiográficos. Verificou-se que o filme DI-ML indicado para impressão de imagens mamográficas apresentou resposta inferior ao DI-HL em termos de estruturas detectadas no caso da combinação P1 com LUT 1 e 2, porém superior no caso da combinação P2 com LUT 2 e P3 com LUT 3. Isso indica que as microcalcificações representadas na LUT 2 foram perdidas na imagem impressa. Já nas imagens processadas observadas no monitor, não houve comprometimento da informação, sugerindo que a escala de contraste não é afetada pelo processamento digital, mas sim pela LUT selecionada no processo de impressão. Além disso, dependendo do

processamento utilizado, o ruído pode ser introduzido ou aumentado, gerando degradação da imagem impressa. Observou-se que variar o nível de densidade máxima para os valores -3, 0, 2 e 4 não causa um impacto significativo na resposta do QC-Test, indicando que esta função está bloqueada pelo fabricante, o qual não permite ajustes. Entretanto, verificou-se que o filme DI-ML apresenta densidade óptica máxima superior ao filme DI-HL, bem como maior inclinação na região linear, sugerindo que possui maior índice de contraste por analogia à análise sensitométrica de filmes convencionais. Porém, pode-se observar que a faixa linear, considerada região útil do filme para níveis de contraste de imagem, mantém-se igual, o que indica que não há variação com relação à latitude.

Seguindo as recomendações da NEMA, o procedimento de controle de qualidade proposto é somente visual, portanto, subjetivo; já a avaliação seguindo as recomendações da IAEA permite uma avaliação quantitativa a partir de valores de referência tomados no início do uso do sistema de impressão. O procedimento foi realizado com a escala de cinza proposta por esse organismo e também com a imagem gerada pelo programa em Delphi 7[®] criado nesse trabalho, apresentando resultados distintos, o que leva ao estabelecimento de novos intervalos de variação aceitáveis para intervenção. A exemplo dos resultados da AAPM, que indica a resposta em enegrecimento do filme com a alteração do valor do pixel de cada passo da escala de cinza⁽⁷⁾, o gráfico obtido com a imagem proposta neste estudo também indica essa resposta e possibilita seu uso no teste recomendado pela IAEA. Dessa forma, percebeu-se que o teste proposto no trabalho é muito semelhante ao teste proposto pela AAPM, entretanto, o maior número de passos de enegrecimento da imagem fornece uma base mais precisa para controle das variáveis do sistema de impressão. Além disso, foi verificado que a AAPM procura alcançar incrementos lineares a cada passo de enegrecimento da imagem e, a partir do passo com valor de pixel igual a zero, há mais 17 incrementos até o passo de maior valor de pixel, apresentando em sua totalidade 18 passos de enegrecimento. As curvas apresentadas pela imagem da AAPM e pela proposta são

semelhantes, ainda, à curva GSDF (*gray-scale standard display function*), que é a resposta em luminosidade dos monitores para cada valor de pixel associado à imagem. Dessa forma, pode-se verificar que há uma tentativa de aproximação do sistema de impressão à imagem apresentada em monitor com a seleção da LUT.

É possível que, com alguma calibração do sistema de impressão, a imagem impressa seja muito semelhante à imagem visualizada no monitor e, atingida essa meta, não haveria diferença na detecção dos sinais, desde que os profissionais sejam devidamente treinados.

Um dos tipos de câncer mais frequente é o câncer mamário, com incidência prevalente nas mulheres⁽¹²⁾. Apesar da alta incidência deste tipo de doença, observa-se redução na mortalidade por câncer mamário nos últimos anos, decorrente do aumento da detecção precoce e dos novos recursos tecnológicos de imagem disponíveis^(12,13). O desempenho do diagnóstico na detecção de câncer em mamografia digital tem-se mostrado comparável ou superior à mamografia convencional⁽¹⁴⁾. A Portaria nº 531 de 26/3/2012 do Ministério da Saúde estabelece que os laudos de mamografia digital devem ser efetuados em monitores e que sejam fornecidas aos pacientes as imagens impressas ou gravadas em meio magnético. Isto valida a importância do controle de qualidade para garantia da fidelidade das imagens digitais impressas. O rastreamento das lesões mamárias efetuado por meio de arquivos digitais pode apresentar desempenho superior ao realizado com filmes, em razão das limitações características dos filmes radiográficos utilizados para impressão⁽¹⁴⁾.

Finalmente, outra questão relevante é que a literatura radiológica brasileira vem, recentemente, se preocupando muito com a importância dos exames de imagem no aprimoramento do diagnóstico mamário^(15,16).

CONCLUSÕES

O estudo realizado corroborou a compreensão das características e operação de impressoras voltadas para a radiologia digital, e essa investigação permitiu o desenvolvimento de um *software* que gera um novo padrão de imagem para a avaliação da constância e qualidade das impressões. A

análise deste novo padrão de imagem foi comparada com os padrões de imagem propostos pela NEMA, AAPM e IAEA, por meio de análise subjetiva e objetiva. O novo padrão proposto permite um maior controle da relação entre o valor do pixel e o valor da densidade óptica obtida, na verificação da qualidade dos filmes e do sistema de impressão.

O filme DI-ML, específico para mamografia, apresentou um maior valor de densidade máxima e maior índice de contraste, comparado ao filme DI-HL, de uso geral, porém não apresentou desempenho superior na detecção das estruturas de interesse do simulador mamográfico sob as técnicas de processamento e impressão utilizadas.

A validação da qualidade dos sistemas de impressão apresentou constância em todo o período de avaliação, mostrando-se em conformidade com as normas internacionais. Porém, em razão da grande diferença apresentada nos resultados dos testes propostos pelos organismos competentes e os resultados propostos pelo fabricante, o QC-Test deve ser efetuado e analisado apenas para fins comparativos, mesmo porque as formas de avaliação convencionais de sensitometria não têm o mesmo sentido na avaliação de imagens digitais.

A avaliação da qualidade pelo padrão da NEMA é qualitativa e relativa, pois revela dependência na interpretação do indivíduo que analisa a impressão. Esse tipo de análise certamente é subjetivo e não suficiente para aplicações médicas, diferentemente do recomendado pela IAEA, que utiliza as imagens da AAPM ou qualquer outra escala de cinza, em que há uma forma de avaliação quantitativa que pode indicar a necessidade de intervenção. Conclui-se, portanto, que a imagem gerada neste estudo pode ser utilizada para análise quantitativa.

Ainda pode-se concluir que o processamento digital apenas altera os valores da matriz de pixels da imagem digital e não influencia o padrão de impressão. Como o enegrecimento está relacionado com os valores dos pixels, a curva de LUT ideal a ser utilizada pelos sistemas de impressão deve ser aquela cuja resposta dos testes de valor do pixel *versus* densidade óptica seja mais próxima à GSDF, fornecendo uma imagem impressa fidedigna à imagem visualizada no monitor.

REFERÊNCIAS

1. Medeiros GS, Silva AMM. Controle de qualidade de monitores para visualização de imagens radiológicas digitais. III Simpósio de Instrumentação e Imagens Médicas; 2007 Nov 7–9; São Carlos, SP, Brasil.
2. Figueiredo JCB, Furuie SS, Gutierrez MA, et al. Um modelo prático para o uso da telemedicina. VII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde; 2000 Out 14–18; São Paulo, SP, Brasil.
3. Reiner BI, Siegel EL. SCAR University 2003, Educating healthcare professionals for tomorrow's technology. SCAR Annual Meeting. 2002;1:73–113.
4. Al Khalifah K, Brindhaban A, Al Baloul G, et al. Optical density changes in dry-processed films. Radiol Technol. 2007;79:9–16.
5. Gijbels F, Sanderink G, Pauwels H, et al. Subjective image quality of digital panoramic radiographs displayed on monitor and printed on various hardcopy media. Clin Oral Investig. 2004; 8:25–9.
6. Gahleitner A, Kreuzer S, Schick S, et al. Dry versus conventional laser imagers: film properties and image quality. Radiology. 1999;210:871–5.
7. Samei E, Badano A, Chakraborty D, et al. Assessment of display performance for medical imaging systems: executive summary of AAPM TG18 report. Med Phys. 2005;32:1205–25.
8. Obenauer S, Hermann KP, Marten K, et al. Soft copy versus hard copy reading in digital mammography. J Digit Imaging. 2003;16:341–4.
9. Sociedad Española de Física Médica, Sociedad Española de Protección Radiológica, Sociedad Española de Radiología Médica. Protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico. Revisión 2011. SEFM, SEPR; 2012.
10. Nobre LF, Von Wangenheim A, Azevedo-Marques PM. Radiological displays: a necessity or luxury? Radiol Bras. 2012;45(4):v–vi.
11. Pinto M, Pedro M, Santos A, et al. Display quality control based on luminance measurements in post-processing units at imaging diagnosis centers. Radiol Bras. 2012;45:29–34.
12. Miranda CMNR, Santos CJJ, Maranhão COM, et al. Is multislice computed tomography an important tool for breast cancer staging and follow-up? Radiol Bras. 2012;45:105–12.
13. Brasil. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer. Estimativa 2010: incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro, RJ: INCA; 2013.
14. Urban LABD, Schaefer MB, Duarte DL, et al. Recommendations of Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem, Sociedade Brasileira de Mastologia, and Federação Brasileira das Associações de Ginecologia e Obstetrícia for imaging screening for breast cancer. Radiol Bras. 2012;45:334–9.
15. Calas MJG, Gutfilen B, Pereira WCA. CAD and mammography: why use this tool?. Radiol Bras. 2012;45:46–52.
16. Alvares BR, Freitas CHA, Jales RM, et al. Mammographic density in asymptomatic menopausal women: correlation with clinical and sonographic findings. Radiol Bras. 2012;45:149–54.