

Desenvolvimento de um programa de controle de qualidade em ressonância magnética baseado nas recomendações do Colégio Americano de Radiologia

Development of a magnetic resonance quality control program based on the American College of Radiology recommendations

Alexandre S. Capaverde, Cássio S. Moura e Ana Maria M. Silva

Faculdade de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC/RS) – Porto Alegre (RS), Brasil.

Resumo

No Brasil ainda não existe uma legislação ou norma regulamentadora que exija o controle da qualidade (CQ) em equipamentos de ressonância magnética. Com o objetivo de suprir esta ausência, este trabalho apresenta a adaptação do programa de CQ em imagens por ressonância magnética, seguindo as recomendações do Colégio Americano de Radiologia. Para validação do programa, os testes foram realizados em dois equipamentos de um grande hospital da cidade de Porto Alegre. Foram realizados os testes de distorção geométrica, resolução espacial de alto contraste, espessura de corte, posição de corte, uniformidade da imagem, percentual de artefato fantasma e detecção de objetos de baixo contraste. Após o desenvolvimento e aplicação do programa, o hospital passou a contar com uma rotina semestral de CQ de seus equipamentos de ressonância magnética.

Palavras-chave: ressonância magnética, controle da qualidade, colégio americano de radiologia.

Abstract

In Brazil there is still no legislation or regulatory norm that requires quality control (QC) in magnetic resonance equipments. With the objective of supplying this absence, this study presents the adaptation of the program for magnetic resonance imaging QC following the recommendations of the American College of Radiology. For the program validation, the tests were performed in two equipments of a large hospital at Porto Alegre. Geometric distortion, high-contrast spatial resolution, slice thickness, cutting position, image uniformity, percentage of ghost artifacts and detection of low contrast objects tests were performed. After the development and implementation of the program, the hospital now has a routine six-monthly magnetic resonance QC in their equipments.

Keywords: magnetic resonance, quality control, american college of radiology.

Introdução

Instituições como a *American Association of Physicists in Medicine (AAPM)*, *American College of Radiology (ACR)*, *National Electrical Manufacturers Association (NEMA)*, dentre outras, vêm promovendo e elaborando novas normas para o controle de qualidade (CQ) em equipamentos de Ressonância Magnética (RM). No Brasil, ainda não há legislação, norma ou recomendação por parte do governo federal ou estadual quanto às exigências da realização de testes de CQ em equipamentos de RM.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e aplicação de um programa de CQ em RM, seguindo as recomendações do ACR.

Material e Métodos

Com base nas recomendações do ACR sobre o controle de qualidade em RM^{1,2}, estudos foram realizados sobre cada dispositivo de teste do simulador. Foi desenvolvido um protocolo de aquisição e análise para cada teste.

Autor correspondente: Alexandre da Silva Capaverde – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC/RS) – Avenida Ipiranga, 6.681 – Prédio 10, Faculdade de Física – CEP: 90619-900 – Porto Alegre (RS), Brasil – E-mail: fisica@pucls.br ou alexandre.capaverde@acad.pucls.br

O simulador utilizado, recomendado pelo ACR, Figura 1, consiste em um cilindro com 20,4 cm de diâmetro e 16,5 cm de comprimento, preenchido com uma solução de 10 mM de cloreto de níquel e 45 mM de cloreto de sódio². Ao longo do comprimento do simulador estão distribuídos os diferentes dispositivos para avaliação da: distorção geométrica; resolução espacial de alto contraste; espessura de corte; posição de corte; uniformidade da imagem; percentual de artefato fantasma e detecção de objetos de baixo contraste.

Os testes foram realizados em dois equipamentos de RM fabricados pela *General Electric (GE)*, modelos *Signa HDxT* e *Signa Excite*, com um campo magnético de 1,5 Tesla. Estes equipamentos estão localizados em um grande hospital de Porto Alegre.



Figura 1. Simulador ACR.

A primeira sequência, denominada ACR Localizador Sagital, consiste em uma aquisição do simulador para posicionar os cortes das demais sequências (Figura 2).

O simulador é posicionado no centro de uma bobina para exames de crânio e no centro do magneto.

Quatro sequências são adquiridas: ACR Axial T1, ACR Axial T2, Axial T1 de rotina e Axial T2 de rotina. Cada uma apresenta 11 cortes do simulador, para visualizar todos os dispositivos de teste. Os parâmetros utilizados são aqueles das rotinas de exames de crânio do equipamento.

As sequências utilizadas, bem como os seus parâmetros de aquisição, são apresentadas na Tabela 1.

No caso dos equipamentos avaliados, os protocolos de aquisição são idênticos, com o objetivo de comparar os

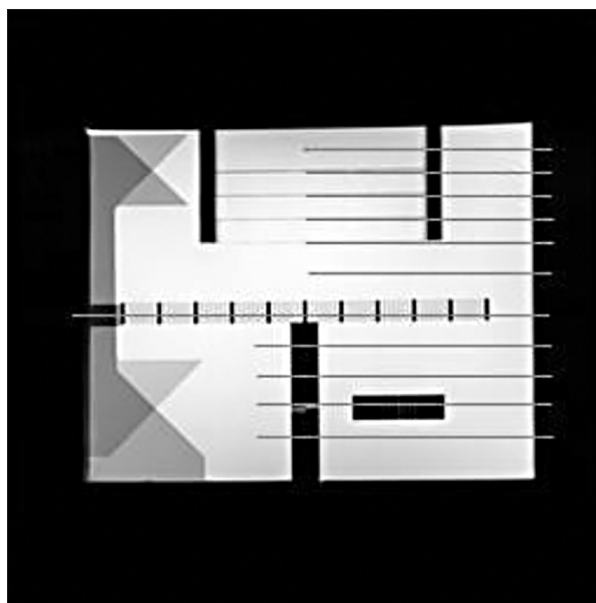


Figura 2. Posicionamento dos cortes no localizador.

Tabela 1. Parâmetros de aquisição das imagens.

	Sequência de Pulso	TR (ms)	TE (ms)	FOV (cm)	Número de cortes	Espessura de Corte (mm)	NEX	Matriz	Largura de banda (kHz)	Tempo de Aquisição (min:seg)
ACR Localizador Sagital	Spin-Eco	200	20	25	1	N/A	1	256x256	31,25	00:56
ACR Axial T1	Spin-Eco	500	20	25	11	5	1	256x256	31,25	02:16
ACR Axial T2 Duplo-Eco	Spin-Eco	2000	20/80	25	11	5	1	256x256	31,25	08:56
Axial T1 de rotina*	Spin-Eco	425	11	25	11	5	1	320x192	31,25	02:53
Axial T2 de rotina*	Fast Spin-Eco	2100	101	25	11	5	1	320x192	31,25	01:20

*Sequências utilizadas no serviço sem alteração

resultados obtidos e avaliar as condições dos equipamentos. Para a análise das imagens, foi utilizado o programa de código aberto *ImageJ*³. Os testes disponíveis no simulador, bem como a análise e critérios de avaliação, são descritos a seguir.

Distorção Geométrica

O teste de distorção geométrica avalia a precisão com a qual a imagem do simulador reproduz o seu comprimento real. Para isso, são realizadas medidas do seu comprimento sobre a imagem, entre pontos de referência. As medidas são comparadas com os valores conhecidos do simulador².

O procedimento consiste em:

1. Medir o comprimento, em milímetros, das imagens correspondentes em diversas direções, conforme a Figura 3.
2. Anotar os valores, comparando-os aos valores reais de comprimento do simulador, que são: 148 mm no localizador e 190 mm nas demais medidas. Todas as medidas devem estar dentro de uma variação de ± 2 mm em relação ao valor medido.

Resolução Espacial de Alto Contraste

A resolução espacial de alto contraste mede a capacidade de um sistema em separar objetos quando não existe uma contribuição significativa do ruído que possuem um valor de contraste semelhante².

O procedimento consiste em:

1. Realizar uma avaliação visual do dispositivo de resolução, (Figura 4). Da esquerda para a direita, os furos possuem resolução 1,1 mm - 1,0 mm - 0,9 mm.
2. Avaliar o valor correspondente para o menor conjunto de furos distinguíveis, comparando-os ao valor fornecido pelo equipamento.

Espessura de corte

O teste de espessura de corte avalia a precisão da espessura alcançada, comparando-a com o valor da espessura especificada pelo equipamento².

O procedimento consiste em:

1. Posicionar duas ROIs retangulares no dispositivo de teste (Figura 5).
2. Avaliar a intensidade de sinal dos dispositivos de teste superior e inferior.
3. Ajustar, agora, o nível de brilho e contraste da janela para a metade do valor médio da intensidade anterior, a fim de visualizar o comprimento total dos dispositivos de teste.
4. Medir o comprimento superior e inferior, que são denominados CS e CI, respectivamente.

Para calcular o valor da espessura de corte, a Equação 1 é utilizada.

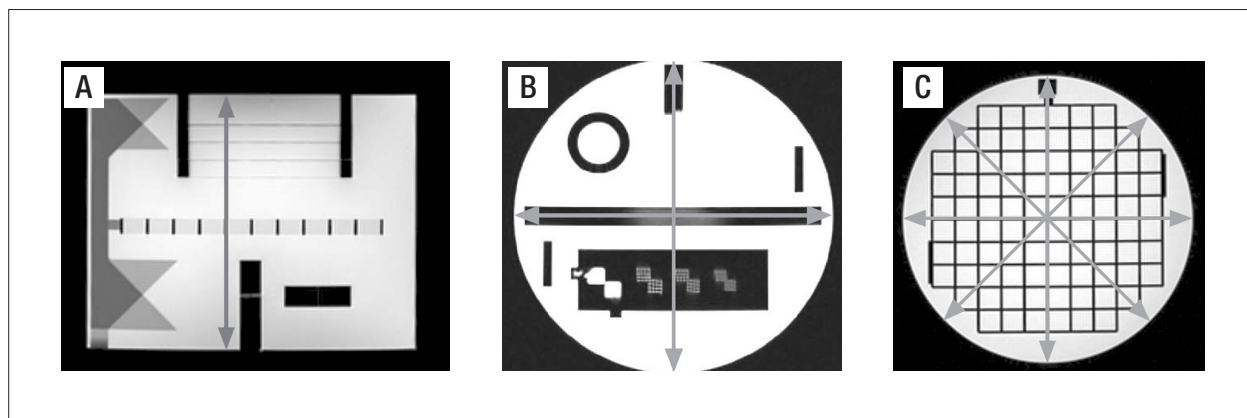


Figura 3. Imagens do simulador ACR na região para avaliação da distorção geométrica.

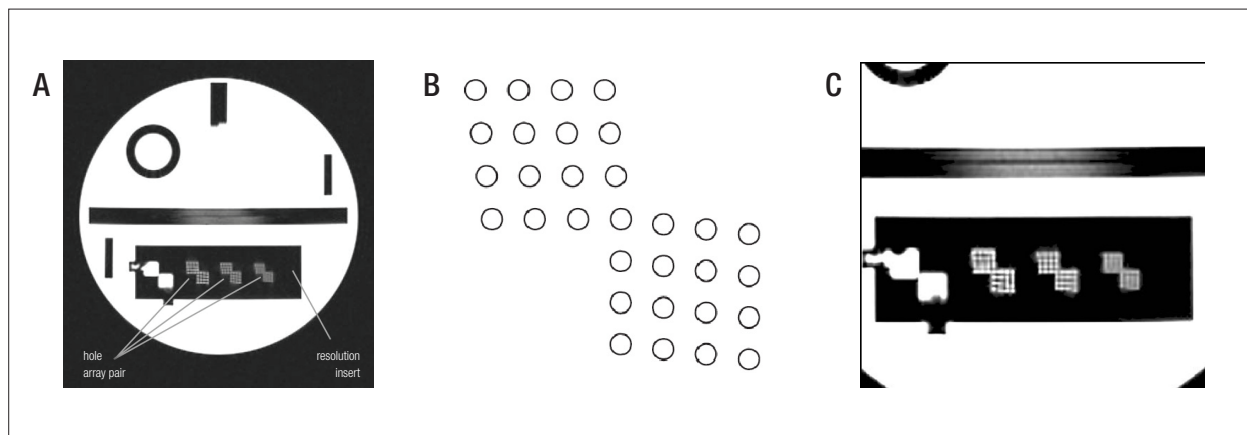


Figura 4. Imagem do simulador ACR na região para avaliação da resolução espacial.

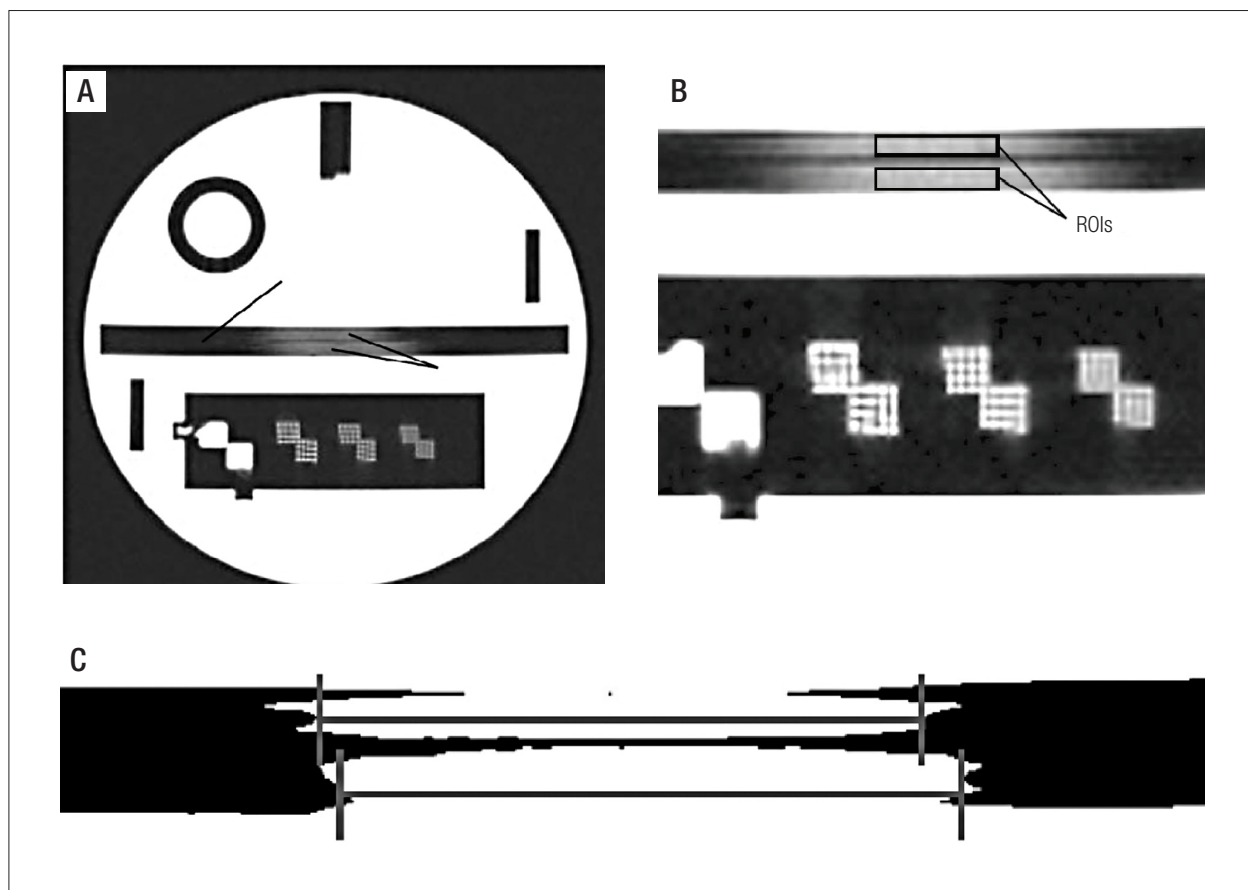


Figura 5. Imagem do simulador ACR na região para avaliação da espessura de corte.

$$EC = 0,2 \times \left(\frac{CS \times CI}{CS + CI} \right) \quad (1)$$

Posição de corte

A posição do corte é o valor de localização de um corte, utilizando como referência a imagem do localizador⁴. Esta posição é verificada com relação ao final do corte anterior e início do corte posterior.

O procedimento consiste em:

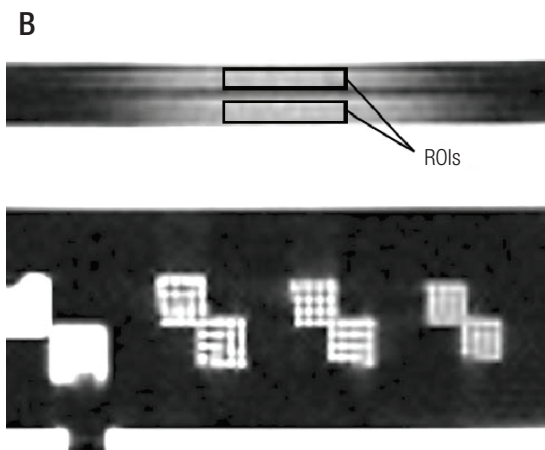
1. Utilizando as imagens (a) e (b) da Figura 6, magnificar os dispositivos de teste da posição de corte.
2. Medir a diferença de comprimento entre as barras da esquerda e da direita, (Figura 7).
3. Sendo a barra da esquerda mais longa (Figura 7b), utilizar o módulo da diferença de comprimento.
4. A diferença absoluta entre o comprimento das barras deve ser ± 5 mm.

Uniformidade da imagem

A uniformidade (U) da imagem reflete a habilidade de um equipamento de RM representar regiões similares com a mesma intensidade em um volume homogêneo².

O procedimento consiste em:

1. Utilizando a imagem da Figura 8, posicionar uma ROI que preencha 75% da imagem do simulador.



2. Diminuir o nível de brilho e contraste da janela até que somente a imagem dentro da ROI esteja saturada na intensidade máxima.
 3. Continuar diminuindo lentamente até que uma região com pixels pretos comece a aparecer dentro da ROI (Figura 8a).
 4. Com outra ROI pequena, registrar a intensidade de sinal nesta região, denominada região de menor sinal.
 5. Repetir o procedimento elevando o nível de brilho e contraste até que apareça somente uma pequena região no centro do ROI com pixels brancos (Figura 8b).
 6. Com outra ROI pequena registrar a intensidade de sinal nesta região, denominada região de maior sinal.
- Para calcular a uniformidade (U), utilizar a Equação 2.

$$U = 100\% \times \left(1 - \left(\frac{MaiorSinal - MenorSinal}{MaiorSinal + MenorSinal} \right) \right) \quad (2)$$

A uniformidade da imagem deve ser $\geq 87,5\%$ para equipamentos de RM de campo magnético menor do que 3T.

Percentual de artefato fantasma

Os artefatos fantasmas são produzidos por erros relacionados à fase. Geralmente, são caracterizados por áreas de maior intensidade de sinal².

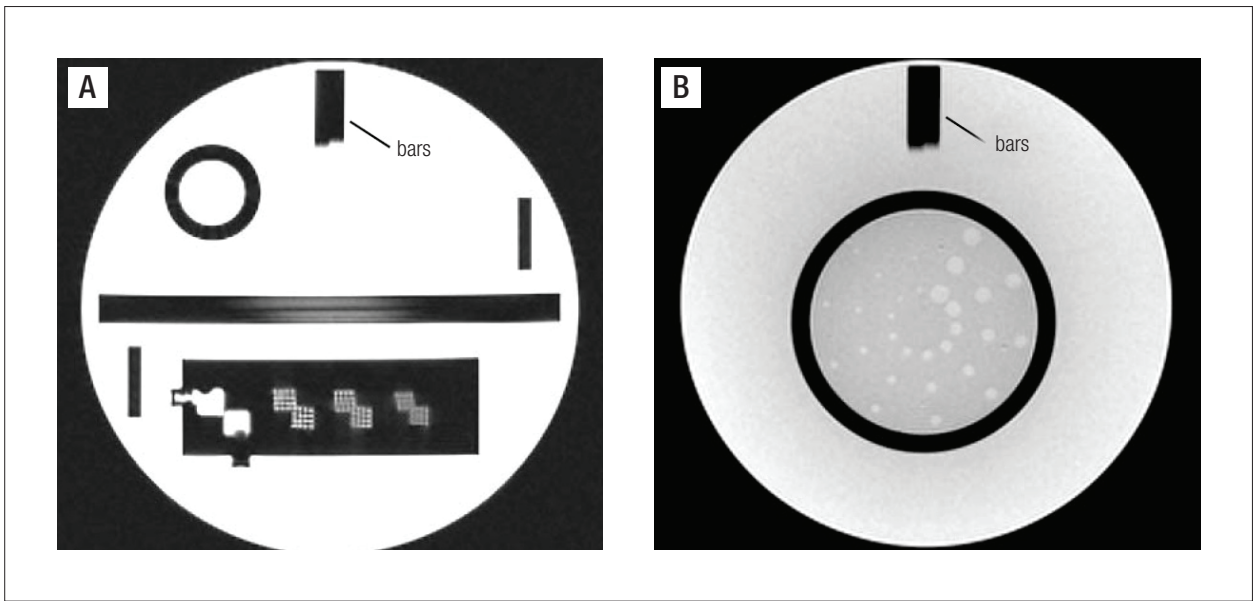


Figura 6. Imagem do simulador ACR na região para avaliação da posição do corte.

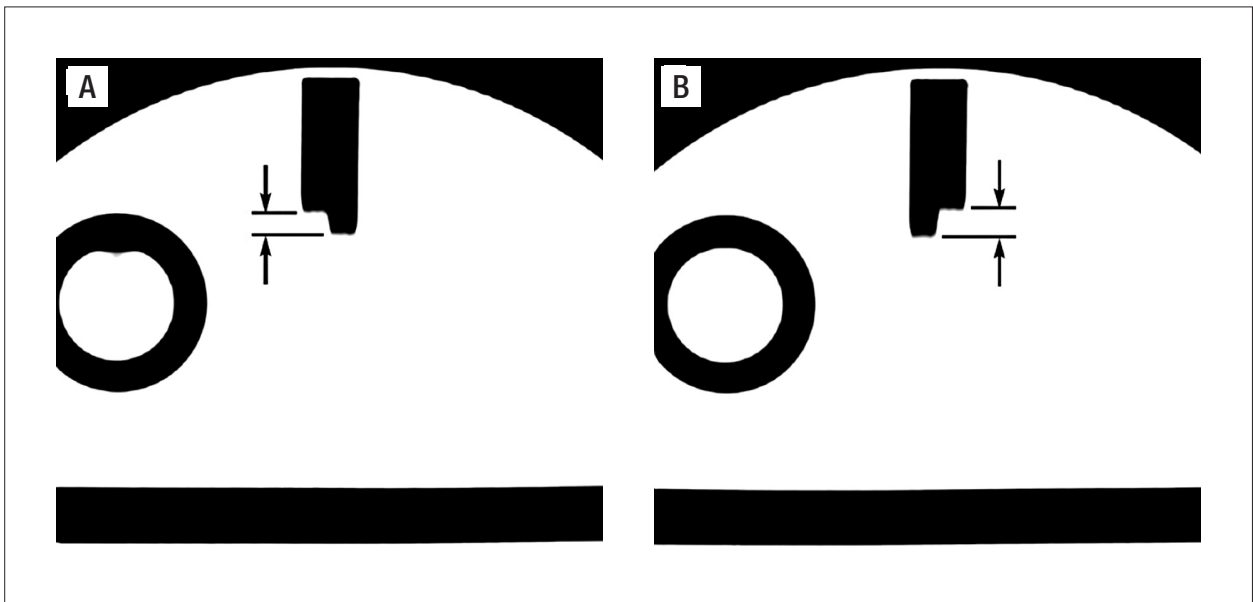


Figura 7. Medida das barras.

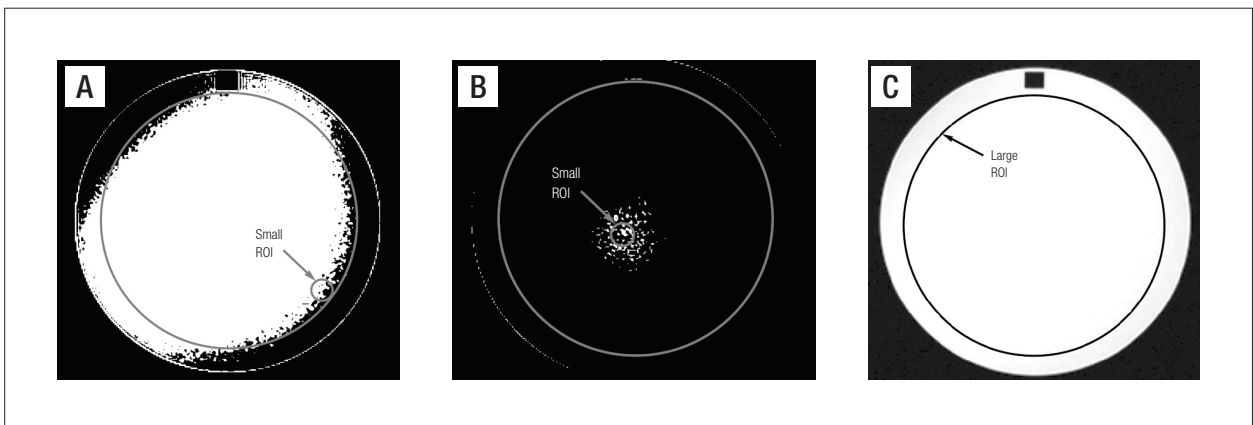


Figura 8. Imagem do simulador ACR na região para avaliação da uniformidade.

O procedimento consiste em:

1. Utilizando a imagem do teste anterior, posicionar uma ROI que cubra 75% da imagem do simulador, denominada *Large ROI*.
2. Registrar o valor médio da intensidade de sinal.
3. Posicionar quatro ROIs elípticas nas periferias do objeto e registrar o valor médio de intensidade de sinal. Estas ROIs são denominadas *TOP*, *Left*, *Right* e *BTM*, respectivamente (Figura 9).

Para calcular o percentual de artefato fantasma (PAF), utilizar a Equação 3, que deve ser $\leq 0,025\%$.

$$PAF = \left(\frac{(TOP - BTM) - (Left + Right)}{2 \times LargeROI} \right) \quad (3)$$

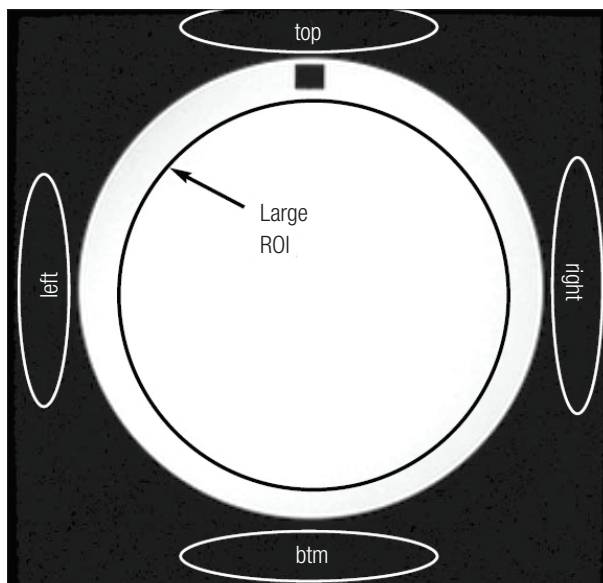


Figura 9. Imagem do simulador ACR na região para avaliação do percentual de artefato fantasma.

Detecção de objetos de baixo contraste

O teste de detecção de objetos de baixo contraste avalia o quanto dois objetos de contraste semelhante são distinguíveis².

O procedimento consiste em:

1. Utilizar a imagem da Figura 10, magnificando os objetos de baixo contraste.
2. Contar os conjuntos de furos visualizados, começando pelo conjunto com maior diâmetro em 12h.
3. Contar os conjuntos até que um ou mais furos não sejam diferenciados do fundo.
4. Realizar o somatório de furos em cada um dos cortes visualizados.

O valor do somatório deve ser de, no mínimo, nove furos para um equipamento com de campo magnético menor que 3T.

Resultados

Após a aquisição das imagens nos dois equipamentos avaliados, os diferentes parâmetros foram verificados conforme as recomendações do ACR.

Cada um dos testes foi analisado e avaliado de forma separada e por fim os resultados foram comparados entre as sequências obtidas no mesmo equipamento e depois entre os dois equipamentos. Os resultados obtidos a partir da aplicação do programa de CQ encontram-se na Tabela 2.

Discussão e Conclusões

O CQ em RM é fundamental para avaliar as condições de qualidade dos equipamentos. Mesmo sem uma legislação nacional, deve-se levar em conta protocolos de órgãos

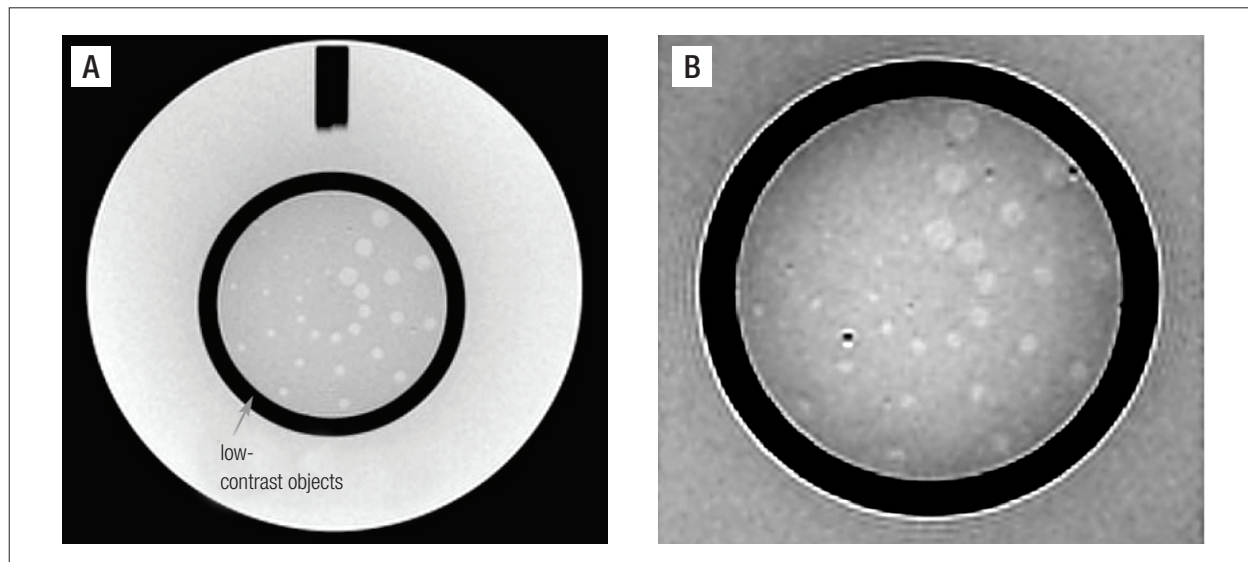


Figura 10. Imagem do simulador ACR na região para avaliação dos objetos de baixo contraste.

Tabela 2. Resultados das análises.

Sequência	Distorção Geométrica				Espessura de Corte (mm)	Pos. de Corte	Uniformidade	PAF	Detec. Obj. baixo contraste	Conforme?	
	L (mm)		C (mm)								
Eq. Signa HDXT	ACR Localizador Sagital	147,74									Sim
	ACR Axial T1	190,13	191,75	190,51	190,52	5,54	-1,96	95,26	0,020	28,00	Sim
	ACR Axial T2	191,35	190,40	190,27	191,95	4,99	0,96	93,42		27,00	Sim
	Axial T1 de rotina	190,52	191,15	190,69	190,12	4,82	2,05	102,36	0,018	25,00	Sim
	Axial T2 de rotina	191,06	190,30	189,96	190,32	4,78	1,42	99,57		25,00	Sim
	ACR Localizador Sagital	148,64									
Eq. Signa Excite	ACR Axial T1	190,45	190,32	190,98	198,31	5,32	-2,34	92,31	0,021	18,00	Sim
	ACR Axial T2	190,74	190,97	190,36	190,40	5,03	1,58	96,20		23,00	Sim
	Axial T1 de rotina	191,32	191,45	190,20	190,48	5,51	1,32	91,89	0,023	20,00	Sim
	Axial T2 de rotina	190,53	190,13	198,89	191,26	4,63	2,64	89,42		20,00	Sim
	ACR Localizador Sagital	148,64									

internacionais e adaptá-los às rotinas dos serviços de diagnóstico por imagens.

O programa de CQ recomendado pelo ACR mostrou-se uma ferramenta útil para avaliar a integridade dos equipamentos de RM. No entanto, este programa exige a adaptação dos procedimentos a cada tipo de equipamento de RM.

Como consequência deste trabalho, atualmente, os dois equipamentos avaliados contam com uma rotina semestral de CQ. Maiores estudos são necessários para verificar a constância de tais resultados.

Agradecimentos

Ao Hospital Mãe de Deus pela disponibilização dos equipamentos para a realização deste trabalho.

Referências

1. ACR, American College of Radiology. Site scanning instructions for use of the MR program for the ACR MRI accreditation program. V. 2. Virginia. 2002-2004. [cited 2013 Jul 28]. Available from: <http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/Accreditation/MRI/LargePhantomInstructions.pdf>.
2. ACR, American College of Radiology. Phantom test guidance for the acr mri accreditation program. Virginia. 2005. [cited 2013 Jul 28]. Available from: <http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/Accreditation/MRI/LargePhantomGuidance.pdf>.
3. Software livre. ImageJ. [cited 2013 Jul 28]. Available from: <http://rsbweb.nih.gov/ij/download.html>.
4. AAPM, Nuclear Associates, MRI Phantoms. 3D Resolution and Slice (3DRAS) Phantom. Uniformity and Linearity (UAL) Phantom. Carle Palce: Victoreen, 2005. [cited 2013 Jul 28]. Available from: http://assets.fluke.com/manuals/76_907__umeng0300.pdf.