

# Redução de exposições médicas e ocupacionais pela otimização de procedimentos de trabalho em equipamento de fluoroscopia no Hospital Universitário de Santa Maria (RS)

## Reduced medical and occupational exposures by optimizing working procedures in fluoroscopy equipment in the University Hospital of Santa Maria (RS)

Guilherme L. Weis<sup>1</sup>, Thiago V. Claus<sup>1</sup>, Tadeu Baumhardt<sup>1</sup> e Luiz A. Shuch<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Serviço de Física Médica, Hospital Universitário de Santa Maria – Santa Maria (RS), Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – Santa Maria (RS), Brasil.

### Resumo

Este trabalho procura reduzir a exposição médica (dos pacientes) e ocupacional (dos trabalhadores) pela padronização de recursos disponíveis nos equipamentos de fluoroscopia empregados em procedimentos intervencionistas. Tais procedimentos utilizam equipamentos transportáveis de fluoroscopia tipo arco cirúrgico, com aplicações em ortopedia, arteriografia e implantação de marca-passos. O uso inadequado desses equipamentos gera doses de radiações excessivas tanto nos pacientes quanto nas equipes médicas. Observa-se que o equipamento, após ser ligado à rede elétrica, está pré-selecionado a trabalhar em fluoroscopia contínua e sem filtração adicional, gerando elevadas doses de radiação. Para aplicações específicas, alterações nos protocolos deverão ser realizadas conforme a indicação médica. Neste trabalho utilizou-se um equipamento de fluoroscopia marca Shimadzu, modelo Opescope Activo, dois equipamentos de monitoração de radiação, marca Radcal, modelos 9010 e 9015, duas câmaras de ionização, de 60 cc e de 180 cc, bem como um fantoma de baixo contraste e um cateter, que simulam informações do corpo humano. Foram realizadas incidências alterando as condições das exposições como taxas de quadros (qps – quadros por segundo) e filtrações adicionais. Para cada composição de parâmetros foi gerada e arquivada uma imagem, com a medida de suas respectivas doses. Estas imagens foram avaliadas por médicos radiologistas. Em casos mais extremos obteve-se uma redução de um fator 25 na exposição ocupacional (equipe médica) usando o sistema pulsado de 2 qps com o maior filtro adicional (0,3 mm Cu), comparado ao sistema contínuo sem qualquer filtração adicional. Na exposição médica (de pacientes), houve uma redução de um fator 39, às mesmas condições acima descritas. Com estes argumentos justifica-se uma otimização e padronização do uso de equipamentos de fluoroscopia, que além de proporcionar uma redução de dose nos pacientes e nas equipes médicas, aumentam a vida útil do tubo de raios X, mantendo a qualidade do diagnóstico médico.

**Palavras-chave:** otimização, fluoroscopia, radiologia intervencionista.

### Abstract

This work seeks to reduce medical (patient) and occupational (workers) exposure by standardizing resources available in fluoroscopy equipment used in interventional procedures. Such procedures use transportable surgical arch type fluoroscopy equipment, with applications in orthopedics, angiography and pacemaker implantation. Improper use of these devices generates excessive radiation doses in both patients and the medical staff. It is observed that the equipment after being connected to the grid, is pre-selected to work in continuous fluoroscopy and no additional filtration, producing higher doses of radiation. For specific applications, changes in protocols should be undertaken according to medical indication. This work used a fluoroscopy equipment Shimadzu Active Opescope two radiation monitoring equipment, brand Radcal, models 9010 and 9015, two ionization chambers, of 60 cc and 180 cc and a low contrast phantom and a catheter, information that simulate the human body. Incidences were performed by changing the conditions of exposure as frame rates (fps - frames per second) and additional filtration. For each composition parameters was generated and filed an image, with the extent of their respective doses. These images were evaluated by radiologists. In more extreme cases we obtained a reduction of a factor 25 in occupational exposure (medical personnel) using the pulsed with the greatest 2 fps additional filter (0.3 mm Cu) compared to continuous system without any additional filtration. In medical exposure (of patients), decreased by a factor 39, the same conditions described above. With these arguments it is justified the optimization and standardization of the equipment used in fluoroscopy, which besides providing a dose reduction the patient and the medical personnel, increases the life of the X-ray tube while maintaining the quality of medical diagnosis.

**Keywords:** optimization, fluoroscopy, interventional radiology.

## Introdução

A Portaria Federal 453 de junho de 1998, item 4.25 afirma:

A fim de produzir uma dose mínima para o paciente, consistente com a qualidade aceitável da imagem e o propósito clínico do procedimento radiológico, os médicos, os técnicos e demais membros da equipe de radiodiagnóstico devem selecionar e combinar adequadamente os parâmetros abaixo discriminados. Atenção particular deve ser dada aos casos de Radiologia Pediátrica e Radiologia Intervencionista. Os valores padronizados para os exames rotineiros devem ser estabelecidos em tabelas de exposição. [...] f) Técnicas apropriadas para registrar imagem em exames dinâmicos (e.g., número de imagens por segundo)<sup>1</sup>.

A exigência normativa acima descrita, a segurança dos pacientes e das equipes médicas, bem como a qualidade das imagens motivaram o presente trabalho que trata da otimização<sup>2,3</sup> e padronização dos procedimentos intervencionistas que envolvem raios X.

Em proteção radiológica, usa-se o princípio ALARA<sup>4</sup> (*as low as reasonably achievable*), ou seja, as doses de radiações ionizantes devem ser tão baixas quanto razoavelmente exequível. Assim, deve-se reduzir ao máximo possível as doses aplicadas, mantendo a qualidade do diagnóstico.

Neste estudo, os parâmetros usados como variáveis, com o objetivo de reduzir a exposição, foram: as filtrações adicionais (endurecimento do feixe de raios X) e as taxas de quadros (qps), onde cada quadro implica em uma exposição.

O objetivo geral deste estudo é a combinação desses parâmetros visando a redução das doses, tanto nos pacientes quanto na equipe médica envolvida, com imagens adequadas para o propósito clínico.

A Portaria Federal 453 define o valor de referência de dose de entrada na pele, 50 mGy/min, quando o sistema de alta dose não estiver acionado<sup>1</sup>. Este valor de dose é bastante elevado e dificilmente atingido por equipamentos que possuem controles de qualidade e manutenções periódicas. Entretanto, a preocupação é com as doses desnecessárias que poderiam ser evitadas em procedimentos intervencionistas, utilizando-se das ferramentas disponíveis nos próprios equipamentos. Estas doses adicionais, geradas por procedimentos inadequados, agregam riscos tanto aos pacientes quanto às equipes médicas. Assim, neste trabalho, são avaliadas as diversas possibilidades de combinações técnicas disponíveis nos equipamentos, quantificadas as doses decorrentes, geradas e avaliadas as imagens resultantes em cada técnica (otimizações) e, por fim, após a análise dos resultados, implantados os novos procedimentos padronizados.

Espera-se com isto, além de uma melhoria contínua dos processos de controle de qualidade<sup>5,6,7</sup>, o cumprimento da legislação vigente<sup>1</sup>, com a redução da exposição ocupacional e médica<sup>8</sup>, o que implica também em um aumento na vida útil do tubo de raios X.

## Materiais e Métodos

Utilizou-se neste trabalho um equipamento tipo arco cirúrgico, marca Shimadzu, modelo Opescope Activo, com faixa de tensão de 40 a 110 kV, faixa de corrente anódica de 1,5 a 9 mA, filtração inerente de 2,6 mm Al, filtração adicional de 0,1; 0,2; 0,3 mm Cu, ponto focal nominal de 0,6 mm, fluoroscopia pulsada (2; 3,5; 5; 7,5; 10; 12; 15 quadros/s), fluoroscopia contínua de três modos de operação (normal, alta resolução/alta dose e baixa dose).

Na Figura 1, obteve-se a combinação da tensão (kV) com a corrente anódica (mA) para o modo normal. Estes valores concordam com os fornecidos pelo fabricante.

Para realizar as medidas utilizou-se dois monitores de radiação, marcas Radcal, modelos 9010 (câmara de ionização modelo 10x5-60), e 9015 (câmara de ionização 10x5-180). As calibrações foram realizadas no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Para simular a estrutura do corpo humano utilizou-se um dispositivo composto de um simulador de baixo contraste marca MRA, número de série 07-147, com um cateter atravessando o mesmo, como é visto na Figura 2.

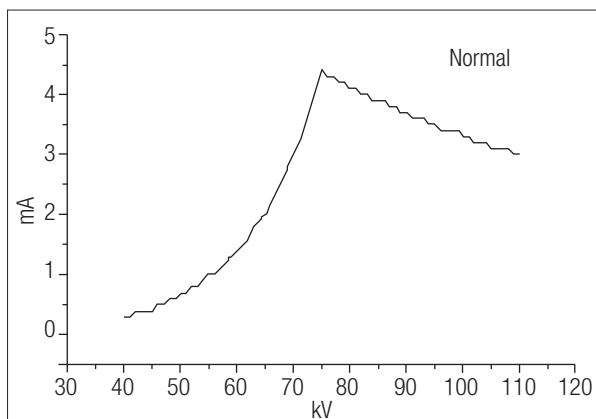


Figura 1. Relação entre corrente anódica (mA) e tensão (kV) no modo normal.



Figura 2. Dispositivo composto por simulador de baixo contraste e cateter.

Esse dispositivo tem por objetivo simular estruturas de baixos contrastes e de cateteres inseridos no corpo humano, servindo ainda como objeto espalhador nas medidas de exposição.

Todas as exposições foram realizadas no modo normal e automático. De acordo com o Sistema Automático de Exposição (AEC), foi escolhida uma combinação de kV e mA que resultasse em melhores imagens.

Primeiramente, foram medidos os valores de exposição na entrada da pele do paciente (microR/qps) e exposição no ar (mR/min) a 70 cm de distância, na posição ocupada pelo médico. Estes valores foram obtidos para 2 qps, 7,5 qps, 15 qps e em modo contínuo, para cada uma das possibilidades de filtração adicional, ou seja, sem filtro adicional, 0,1 mm Cu; 0,2 mm Cu e 0,3 mm Cu.

Foram obtidas três medidas para cada combinação e realizada a média. Para o modo pulsado, converteu-se a unidade de exposição no ar por quadro ( $\mu\text{R}/\text{q}$ ) para a unidade de taxa de KERMA no ar ( $\text{mGy}/\text{min}$ ). Utilizando como carga de trabalho 6,25 mA.min/pac, para um tempo médio de 2 minutos por procedimento, 5 procedimentos por dia, 5 dias por semana e 50 semanas por ano, termos uma carga de trabalho anual de 94 mA.min/sem.

A Figura 3 correlaciona a exposição por quadro/s com a filtração adicional.

Para cada combinação de kV, mA, filtro e taxa de quadros, foram impressas as imagens correspondentes. Estas imagens foram avaliadas por dois médicos radiologistas, para selecionar as melhores imagens, tendo como foco dois tipos de aplicações, em ortopedia e procedimentos vasculares.

## Resultados

Na Figura 3, observa-se que a exposição por quadros por segundo em sistema pulsado, para um determinado filtro adicional, é independente da taxa de quadros. Ou seja, a quantidade de radiação por quadro é fixa e depende exclusivamente da calibração do equipamento. Estes dados confirmam as indicações teóricas para equipamentos com AEC.

A Figura 4 correlaciona a dose de radiação na equipe médica e a filtração adicional, para cada taxa de aquisição no modo pulsado e para o modo contínuo.

Ao observar-se a distribuição de dose efetiva anual na Figura 4, constata-se a sua expressiva queda ao reduzir-se a taxa de aquisição em quadros por segundo e/ou aumentar-se a filtração adicional. Ao comparar-se o valor máximo de dose anual, correspondente a combinação de exposição no modo contínuo e sem filtração adicional, com o mínimo valor de dose anual, correspondente a combinação de 2 quadros/s e filtro adicional de 0,3 mm Cu, obtém-se uma redução em torno de 25 vezes na dose efetiva anual.

A Figura 5 correlaciona a dose de entrada na pele do paciente pela filtração para cada taxa de aquisição no modo pulsado e para o modo contínuo.

Ao avaliar os casos extremos de diferenças de doses, como indicado no parágrafo anterior, nota-se uma redução em torno de 39 vezes, para a combinação de exposição no modo contínuo sem filtração adicional e exposição pulsada de 2 quadros/s e com filtro adicional de 0,3 mm Cu.

As imagens adquiridas foram avaliadas por dois médicos radiologistas que escolheram as imagens geradas em modo contínuo e sem filtração adicional como imagens de melhor qualidade, consideradas, assim como imagens de referência. Sabe-se que, quanto maior a

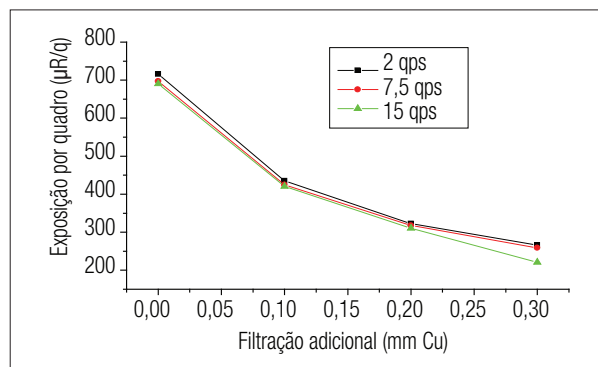


Figura 3. Relação entre exposição por quadros por segundo e filtração adicional.

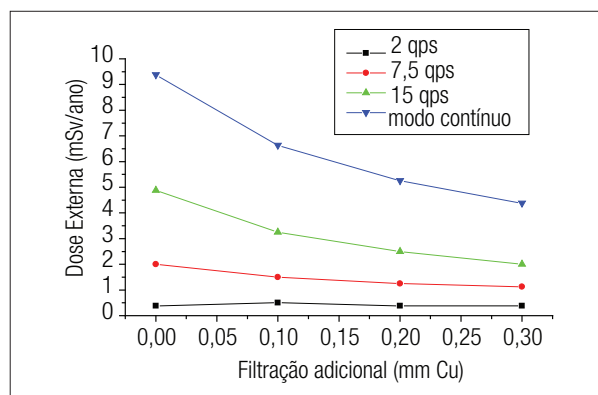


Figura 4. Relação entre Dose externa anual da equipe médica e a filtração adicional para cada taxa de aquisição no modo pulsado e para o modo contínuo.

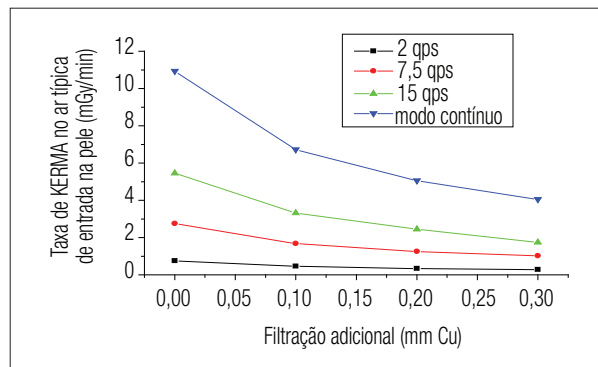


Figura 5. Relação entre taxa de KERMA no ar típica de entrada na pele do paciente a filtração adicional para cada taxa de aquisição no modo pulsado e para o modo contínuo.

quantidade de radiação, menor o ruído gerado, e em consequência as imagens são de melhor qualidade.

Mesmo assim, para procedimentos em ortopedia, as imagens adquiridas no modo pulsado com dois 2 quadros por segundo geraram imagens de boa qualidade comparadas com as imagens de referência, o que implica em uma redução de 39 vezes na exposição médica e 25 vezes na exposição ocupacional.

Para os procedimentos vasculares são necessárias imagens do fluxo, o que necessita de taxas maiores de quadros. Ao utilizar-se taxas de 15 qps, haverá uma redução da exposição de 2 vezes tanto na exposição médica quanto na exposição ocupacional. Ao utilizar uma taxa de 7,5 qps, a redução será de um fator 4.

## Discussão e Conclusões

Os resultados obtidos indicam uma variação muito expressiva na dose efetiva anual na equipe médica e a taxa de KERMA no ar típica de entrada na pele do paciente conforme a combinação dos parâmetros a serem ajustados, ou seja, a taxa de quadros e a filtração adicional. Ao avaliar as doses correspondentes às imagens escolhidas pelos radiologistas como adequadas ao diagnóstico, observou-se que para os procedimentos em ortopedia ou vascular, necessita-se de uma taxa maior ou menor de quadros.

Com a otimização e padronização das técnicas possíveis disponíveis nos equipamentos de fluoroscopia, pode-se alcançar um fator de redução de exposição 39 vezes no paciente e 25 vezes na equipe médica.

Em ortopedia, pode-se utilizar a menor taxa de quadros com a maior filtração adicional possível, proporcionando imagens com qualidade suficiente ao diagnóstico. Já nos procedimentos vasculares, onde existe a necessidade de condução dos cateteres, usa-se uma taxa maior de quadros, que comparativamente com a exposição

contínua pode-se reduzir a exposição em 4 vezes para 7,5 qps e 2 vezes para 15 qps.

Um fator de segurança operacional que deve ser explicitado é a utilização dos equipamentos; iniciando-se com os protocolos de menor dose, para evitar o uso equivocada de doses mais elevadas.

Este trabalho resultou em protocolos de rotinas no uso de equipamentos de fluoroscopia em procedimentos intervencionistas a serem utilizados no Serviço de Radiologia do Hospital Universitário de Santa Maria, de forma a reduzir as doses tanto nos pacientes quanto nas equipes médicas.

## Referências

1. BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA, "Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico". Portaria Federal 453, de 1 de junho de 1998.
2. Canevaro, LV. Otimização da Proteção Radiológica em Fluoroscopia: Níveis de Referência de Diagnóstico. [Tese de Doutorado]. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2000.
3. Parizoti A. Otimização de Imagens e Proteção Radiológica em Fluoroscopia. [Dissertação de Mestrado]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo; 2008.
4. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION "The ALARA principle". Bethesda, MD: International Commission on Radiological Protection, Report 26, 1977;
5. Luz ES, Canevaro LV, Ferreira NMPD, Campos JE. A importância do Controle de Qualidade em Serviços de Hemodinâmica e Cardiologia Intervencionista. *Radiol Bras.* 2007;40(1):27-32.
6. Shepard SJ. Quality Control in Diagnostic Radiology. *American Association of Physicists in Medicine (AAPM), Report 74;* 2002.
7. Lammoglia, P. Elaboração e Implementação de Testes de Controle de Qualidade em Equipamentos de Angiografia por Subtração Digital. [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2001.
8. Gronchi CC. Exposição Ocupacional em Serviços de Hemodinâmica. [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; 2004.