

# Avaliação da dose ocupacional em procedimentos cirúrgicos urológicos

## Evaluation of occupational dose in urological surgical procedures

Marcelo P. Lanfredi<sup>1</sup>, Janine H. Dias<sup>1</sup>, Rafaela C. Ravazio<sup>1</sup>, Maurício Anés<sup>1</sup>, Alexandre Bacelar<sup>1</sup>, Rochelle Lykawka<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, Brasil

### Resumo

Conhecer as doses ocupacionais em procedimentos urológicos com uso de fluoroscopia é importante para otimizar os mecanismos de radioproteção da equipe. Para estimar a exposição ocupacional da equipe cirúrgica nestes procedimentos, foi coletado um conjunto de medidas de taxa de dose reproduzindo as condições de realização de procedimentos de urologia com uso de arco cirúrgico. Foram simulados pacientes de espessuras de 20 e 28 cm utilizando placas de acrílico. As taxas de dose foram medidas com dosímetros *RaySafe i2 Unfors* distribuídos em uma malha de 50 x 50 cm abrangendo uma área de 20,25 m<sup>2</sup>. As medidas com os dosímetros foram feitas a três alturas diferentes do chão: 95 cm, 125 cm e 165 cm correspondendo, respectivamente, às regiões gonadal, torácica e do cristalino de um trabalhador adulto típico. As doses a que estão submetidos os profissionais desta equipe cirúrgica podem atingir valores acima dos limites estabelecidos na legislação vigente. Para o cristalino, um médico urologista pode atingir valores de 32,3 mSv/ano e para o tórax 77,6 mSv/ano. Os resultados obtidos servem para validação de simulações por Monte Carlo, também permitem conhecer o nível de exposição desses profissionais e estimar as doses anuais que podem ser atingidas, bem como estruturar dados para treinamentos em proteção radiológica voltados para a equipe cirúrgica.

**Palavras-chave:** proteção radiológica; radiologia intervencionista; dose ocupacional; urologia.

### Abstract

*To know the occupational doses in urological procedures with the use of fluoroscopy is important to optimize the radioprotection mechanisms of the staff. In order to estimate the occupational exposure in these procedures, a set of dose rate measures was collected reproducing the conditions performed in urology procedures using a C-arm equipment. Patients with thicknesses of 20 and 28 cm were simulated using acrylic plates. Dose rates were measured with RaySafe i2 Unfors dosimeters distributed in a 50 x 50 cm mesh, covering an area of 20.25 m<sup>2</sup>. The measurements with the dosimeters were made at three different heights of the floor: 95 cm, 125 cm and 165 cm corresponding, respectively, to the gonadal, thoracic and crystalline regions of a typical adult worker. The doses to which the professionals of this surgical team are submitted can reach values above the thresholds established in the current legislation. For the lens, a urologist doctor can reach values of 32,3 mSv/year and for the chest 77,6 mSv/year. The results obtained can be used to validate Monte Carlo simulations, allow to know the professional exposure levels and to estimate annual doses that can be achieved, as well as structure data for training in radiation protection to surgical staff.*

**Keywords:** radiation protection; interventional radiology; occupational dose; urology.

### 1. Introdução

A fluoroscopia tem sido utilizada para auxiliar diversos procedimentos de urologia, inclusive em blocos cirúrgicos, expondo os urologistas e demais membros da equipe aos riscos da radiação ionizante<sup>1</sup>. A maior exposição à radiação da equipe em urologia ocorre devido ao uso de equipamentos de arco cirúrgico para guiar os procedimentos<sup>2</sup>.

As doses ocupacionais a que estão sujeitos os urologistas ainda é pouco conhecida. Uma pesquisa realizada em âmbito nacional com 332 médicos urologistas revelou que 10,0% destes profissionais raramente usam o seu dosímetro pessoal e 76,4% admitiram nunca utilizar<sup>3</sup>. No entanto, sabe-se que a exposição à radiação da

equipe de urologia que trabalha com fluoroscopia pode ser significativa quando não são utilizadas ferramentas adequadas de proteção radiológica<sup>4</sup>.

Esse estudo tem como objetivo coletar um conjunto de medidas de dose reproduzindo as condições de realização dos procedimentos de urologia com uso de arco cirúrgico em um centro cirúrgico. Esse conjunto de dados pode ser empregado para a validação de simulações por Monte Carlo<sup>4</sup> e também permite estimar as doses recebidas pela equipe cirúrgica.

### 2. Materiais e Métodos

O equipamento de fluoroscopia utilizado foi um arco cirúrgico BV Pulsera Philips com camada

semirredutora de 5,7 mm Al para 80 kVp. Simulamos duas espessuras de pacientes (20 e 28 cm) através de placas de polimetil-metacrilato (PMMA) de dimensões 30 x 30 cm. O protocolo utilizado para aquisição dos dados foi definido com base na observação de procedimentos reais de urologia do centro cirúrgico de um hospital de grande porte. O posicionamento da equipe assistencial em sala durante estes procedimentos foi observado para que fosse possível identificar os profissionais que ocupam as posições mais críticas.

A medida do produto dose área (DAP) foi realizada com um equipamento VacuDAP Radcal calibrado, posicionado sobre o colimador. Para estimar as doses ocupacionais, as doses  $H_p(10)$  foram medidas no modo taxa (mSv/h) com dosímetros ativos de estado sólido *RaySafe i2 Unfors*.

Os dosímetros foram distribuídos nas intersecções em uma malha de 50 x 50 cm abrangendo uma área de 20,25 m<sup>2</sup>. O aparato experimental está ilustrado na Figura 1.

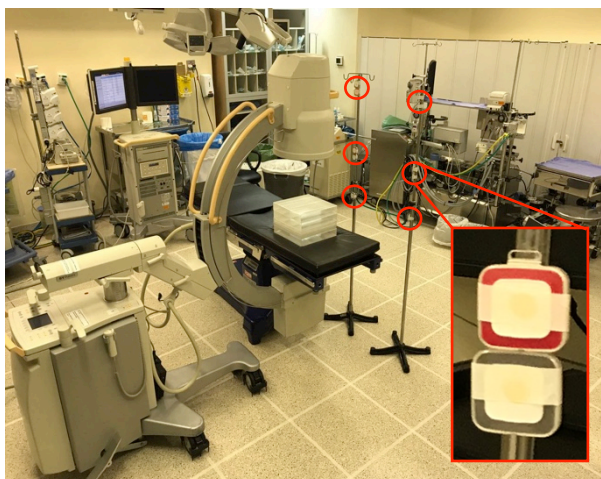


Figura 1. Configuração para medidas de dose. A malha pode ser observada no chão da sala cirúrgica. Em destaque, a posição dos dosímetros *RaySafe i2 Unfors*.

As medidas com os dosímetros foram feitas a três alturas diferentes do chão: 95 cm, 125 cm e 165 cm correspondendo, respectivamente, às regiões gonadal, torácica e do cristalino de um trabalhador adulto típico. Para cada posição foram realizadas quatro medidas de taxa de dose e os resultados apresentados neste artigo correspondem à média destes valores. A leitura das doses dos dosímetros foi realizada com o software *RaySafe i2 dose manager v1.0.4.0*.

A dose ocupacional anual foi estimada através da extrapolação das medidas de taxa de dose  $H_p(10)$  em função da frequência média anual de procedimentos de urologia entre os anos de 2012 a 2016, a posição que cada profissional da equipe ocupa na sala cirúrgica com a respectiva medida de taxa de dose e o tempo médio anual de exposição dos procedimentos urológicos.

### 3. Resultados

Foram observados 37 procedimentos cirúrgicos de urologia. Os parâmetros técnicos de exposição coletados e definidos para as medidas de simulação foram 65 kVp/6,82 mA para 20 cm de PMMA e 85 kVp/7,06 mA para 28 cm de PMMA, ambos com FOV 31 cm e 25 quadros/s. O ângulo de incidência do feixe manteve-se fixo em projeção pósterio-anterior durante a simulação, reproduzindo a prática adotada nos procedimentos.

No total, 312 medidas de DAP foram realizadas, cujo valor médio foi  $68,89 \pm 3,96 \mu\text{Gym}^2$  para a espessura de paciente de 28 cm e  $32,18 \pm 4,95 \mu\text{Gym}^2$  para 20 cm.

As células identificadas com ME correspondem às posições ocupadas pela mesa cirúrgica e as células identificadas como AC correspondem às posições ocupadas pelo arco cirúrgico. A malha está centralizada na região de incidência do feixe. O posicionamento da equipe cirúrgica não altera da seguinte configuração: o médico urologista principal e auxiliar, denominados urologista, permanecem a 50 cm; o anestesista entre 150 a 200 cm; o instrumentador a 100 cm; o técnico em radiologia a 200 cm e o circulante a 200 cm ou mais. A Figura 2 ilustra a posição dos profissionais da equipe e a distribuição das taxas de dose (mSv/h) para as espessuras de 20 e 28 cm de PMMA, nas regiões definidas como gonadal, torácica e no cristalino.

	20 cm								28 cm									
Gonadal	0,117	0,094	0,106	0,170	0,103	0,111	0,025	0,066	0,076	0,390	0,326	0,459	0,588	0,353	0,523	0,213	0,299	0,324
	0,079	0,128	0,202	0,248	0,264	0,217	0,161	0,089	0,078	0,374	0,490	0,771	0,958	1,017	0,880	0,590	0,428	0,317
	0,077	0,082	0,183	0,254	0,457	0,378	0,248	0,176	0,040	0,240	0,519	0,768	1,190	1,819	1,719	1,007	0,557	0,396
	0,064	0,060	0,161	0,732	1,955	0,422	0,214	0,210	0,131	0,485	0,726	1,398	3,281	6,892	1,957	0,814	0,791	0,479
	0,051	0,079	ME	ME	ME	1,817	0,548	0,243	0,126	0,343	0,870	ME	ME	ME	7,124	2,076	0,922	0,446
	0,062	0,055	0,318	0,736	3,826	0,549	0,211	0,211	0,128	0,399	0,801	1,454	3,160	12,062	2,374	0,895	0,761	0,462
	0,031	0,170	0,165	0,327	AC	0,480	0,209	0,127	0,082	0,411	0,733	0,887	1,310	AC	1,959	0,857	0,517	0,357
	0,043	0,135	0,132	0,160	AC	0,231	0,113	0,086	0,053	0,309	0,474	0,574	0,820	AC	0,954	0,564	0,418	0,276
	0,070	0,079	0,056	0,067	0,084	0,097	0,073	0,075	0,057	0,387	0,374	0,190	0,336	0,282	0,476	0,316	0,303	0,228

(a) (b)

	0,060	0,080	0,091	0,126	0,130	0,134	0,116	0,028	0,068
	0,085	0,060	0,093	0,147	0,150	0,159	0,093	0,082	0,056
	0,055	0,102	0,156	0,183	0,268	0,220	0,095	0,079	0,046
	0,074	0,092	0,207	0,765	1,321	0,625	0,286	0,168	0,128
Torácica	0,076	0,116	ME	ME	ME	1,130	0,300	0,166	0,166
	0,098	0,062	0,298	0,645	1,426	0,576	0,199	0,162	0,189
	0,095	0,091	0,118	0,268	AC	0,236	0,110	0,101	0,072
	0,032	0,086	0,115	0,177	AC	0,186	0,141	0,093	0,074
	0,076	0,085	0,090	0,100	0,116	0,132	0,052	0,030	0,057

	0,217	0,332	0,338	0,515	0,487	0,470	0,403	0,272	0,249
	0,275	0,344	0,414	0,623	0,630	0,691	0,414	0,418	0,271
	0,376	0,501	0,667	0,792	1,138	0,787	0,465	0,351	0,255
	0,519	0,670	1,121	2,501	3,584	2,100	0,958	0,709	0,487
	0,515	0,701	ME	ME	ME	3,145	1,237	0,687	0,584
	0,501	0,529	1,185	2,718	3,879	2,321	0,812	0,623	0,645
	0,384	0,433	0,566	1,012	AC	1,064	0,435	0,351	0,264
	0,265	0,336	0,451	0,680	AC	0,742	0,524	0,420	0,331
	0,265	0,286	0,341	0,468	0,525	0,582	0,312	0,164	0,252

(c) (d)

	0,039	0,030	0,021	0,074	0,029	0,055	0,020	0,042	0,029
	0,052	0,061	0,026	0,100	0,027	0,081	0,017	0,034	0,083
	0,023	0,048	0,064	0,216	0,073	0,280	0,177	0,027	0,133
	0,079	0,143	0,220	0,252	0,105	0,528	0,088	0,114	0,100
Cristalino	0,032	0,055	ME	ME	ME	0,551	0,321	0,174	0,028
	0,068	0,150	0,100	0,248	0,268	0,395	0,088	0,036	0,102
	0,025	0,034	0,133	0,083	AC	0,069	0,159	0,103	0,031
	0,051	0,070	0,016	0,148	AC	0,046	0,080	0,033	0,086
	0,070	0,026	0,026	0,079	0,052	0,156	0,028	0,049	0,015

(e) (f)

Médicos Urologistas   
  Anestesta  
 Instrumentador   
  Técnico em Radiologia  
 Circulante

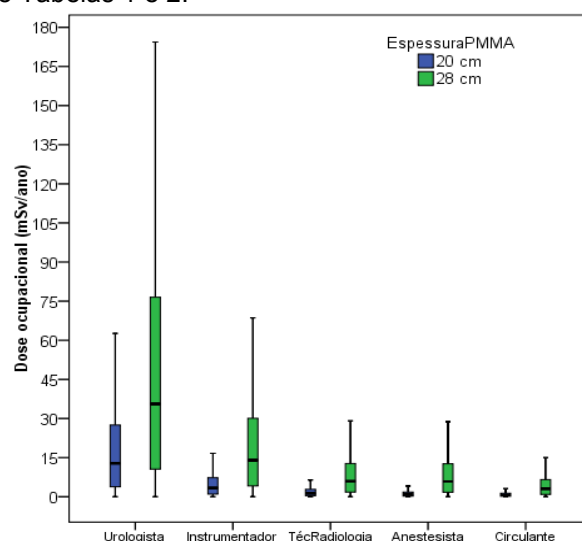
**Figura 2.** Valores médios de taxa de dose (mSv/h) correspondentes à região gonadal (a e b), região torácica (c e d) e região do cristalino (e e f) de um trabalhador adulto típico. Objeto espalhador de 20 cm de PMMA em (a), (c) e (e), e de 28 cm de PMMA em (b), (d) e (f).

A média anual de procedimentos urológicos com a utilização de arco cirúrgico é de 288±35, para o período avaliado. O tempo de exposição

para cada procedimento adotado para estimar a dose ocupacional anual foi de 3,2 minutos.

#### 4. Discussão

O acompanhamento dos 37 procedimentos de fluoroscopia permitiu estimar a distância média da região de incidência do feixe de raios X para cada membro da equipe, bem como medir os tempos de exposição por procedimento e definir os parâmetros técnicos utilizados para a realização das medidas. As taxas de dose medidas em função da posição, espessura do objeto espalhador e espectro de emissão do feixe de raios X, estão apresentadas na Figura 2. O tempo de exposição dos procedimentos acompanhados e a avaliação da frequência anual de procedimentos permitiu a estimativa da dose ocupacional anual (tórax) por profissional, ilustrados nas Figuras 3 e 4 e Tabelas 1 e 2.



**Figura 3.** Dose ocupacional anual (tórax) estimada para cada profissional para a espessura de 20 e 28 cm de PMMA.

Observa-se que a mediana da dose ocupacional dos urologistas se mantém abaixo do limite anual de 50 mSv para dose efetiva estabelecido pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)<sup>5</sup>, no entanto, existe a possibilidade de exceder o valor médio de 20 mSv em 5 anos.

Os demais membros da equipe apresentaram a mediana da dose abaixo deste limite, porém as estimativas de doses ocupacionais do terceiro quartil excedem para o instrumentador, conforme pode ser identificado na Tabela 1.

Espessura PMMA (cm)	Dose ocupacional (mSv/ano)				
	Urologista	Instrumentador	Téc. Radiologia	Anestesista	Circulante
20	Mediana 12,792	3,396	1,313	0,838	0,634
	Mínimo 0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
	Máximo 62,647	16,632	6,431	4,103	3,105
	Percentil 25 3,616	0,960	0,372	0,237	0,179
	75 27,866	7,398	2,861	1,825	1,381
28	Mediana 35,602	14,003	5,943	5,875	3,068
	Mínimo 0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
	Máximo 174,359	68,579	29,106	28,773	15,024
	Percentil 25 10,064	3,958	1,680	1,661	0,868
	75 77,556	30,505	12,947	12,799	6,683

Os profissionais técnicos em radiologia, anestesistas e circulantes possuem mediana para doses ocupacionais acima do limite anual de 1 mSv para dose efetiva estabelecida para indivíduos do público pela regulamentação nacional<sup>5</sup>.

A Figura 4 ilustra os dados para dose anual no cristalino estimada por profissional. A mediana da estimativa da dose anual no cristalino para o médico urologista está imediatamente abaixo ao limite anual de 20 mSv<sup>5</sup>, no entanto, o percentil 75 supera esse limite para os profissionais urologistas e os instrumentadores.

A dose recebida pelo cristalino teve revisão recente em função de estudos apresentados pela *International Commission on Radiological Protection (ICRP)*<sup>6</sup> quanto aos novos limiares de doses para reações em tecidos. Nestes estudos foram destacados o desenvolvimento de opacidade no cristalino em cardiologistas intervencionistas e radiologistas intervencionistas com doses equivalentes na região inferiores a 150 mSv, limiar de dose adotado antes da revisão. Desta forma, o limite de dose equivalente anual para o cristalino reduziu para 20 mSv para indivíduo ocupacionalmente exposto (IOE), valores também adotados pela CNEN<sup>5</sup>.

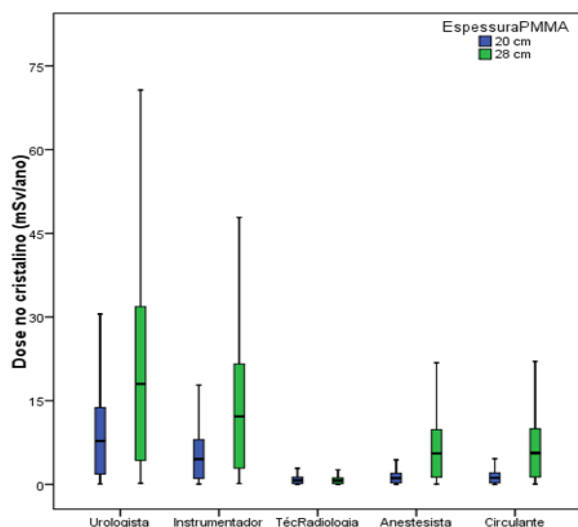


Figura 4. Dose anual no cristalino estimada para cada profissional para a espessura de 20 e 28 cm de PMMA..

A CNEN<sup>5</sup> estabelece o valor de 15 mSv como limite de dose equivalente para o cristalino para o indivíduo do público. Pode ser observado na Tabela 2 que as doses máximas nesta região para os anestesistas e circulantes, apesar de não atingir o limite de dose para IOE, é superior ao limite estabelecido para indivíduo do público. Tal resultado reforça a necessidade de monitoração individual para estes profissionais. A mediana da dose no cristalino para estes profissionais mantem-se abaixo deste limiar anual.

Tabela 2. Valores estimados para a dose equivalente anual no cristalino.

Espessura PMMA (cm)	Dose ocupacional (mSv/ano)				
	Urologista	Instrumentador	Téc. Radiologia	Anestesista	Circulante
20	Mediana 7,780	4,533	0,735	1,116	1,172
	Mínimo 0,088	0,051	0,008	0,013	0,013
	Máximo 30,547	17,796	2,883	4,380	4,602
	Percentil 25 1,851	1,079	0,175	0,265	0,279
	75 13,963	8,134	1,318	2,002	2,103
28	Mediana 18,003	12,186	0,664	5,549	5,620
	Mínimo 0,204	0,138	0,008	0,063	0,064
	Máximo 70,686	47,845	2,606	21,788	22,065
	Percentil 25 4,284	2,900	0,158	1,320	1,337
	75 32,309	21,868	1,191	9,959	10,085

A estimativa de dose no cristalino para o técnico em radiologia é menor que os demais profissionais em função da posição medida estar imediatamente atrás do arco em C do equipamento emissor de raios X, portanto atenuada por este.

### 5. Conclusões

O presente estudo gerou um conjunto de dados referente a doses ocupacionais reproduzindo as condições dos procedimentos cirúrgicos de Urologia. Tal informação pode ser utilizada para a validação de simulações por Monte Carlo, bem como nas capacitações em proteção radiológica desta equipe cirúrgica.

Conforme avaliação das taxas de dose medidas e considerando o posicionamento da equipe assistencial, pode-se inferir que o gradiente de risco de exposição à radiação destes profissionais, do maior para o menor, é: médico urologista principal - médico urologista auxiliar - instrumentador - anestesista/técnico em radiologia - circulante. Torna-se importante ressaltar que as doses ocupacionais caracterizadas para esta amostra alertam à necessidade de controlar e otimizar as exposições dos profissionais envolvidos em procedimentos cirúrgicos de Urologia.

### Referências

1. Babu M. Radiation Risks in Urologic Practice. *Astrocyte* 2015; 2:77-82.
2. Jindal T. The risk of radiation exposure to assisting staff in urological procedures: a literature review. *UrolNurs* 2013; 33(3):136-9, 147.
3. Borges CF, Fregonesi A. Radioproteção dos urologistas no Brasil. *Urologia Essencial* 2016; v.6.
4. Vano E, Sanchez RM, Fernandez JM, Bartal G, Canevaro L, Lykawka R, Melo C. A set of patient and staff dose data for validation of Monte Carlo calculations in interventional cardiology. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015;165(1-4).

5. ICRP. Radiological Protection in Fluoroscopically Guided Procedures outside the Imaging Department. ICRP Publication 117, **Ann. ICRP** 40(6).
6. Brasil, Ministério da Ciência e Tecnologia. Resolução 164, 11 mar. 2014. Diretrizes básicas de proteção radiológica. Norma CNEN-NN-3.01.
7. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context, ICRP Publication 118, **Ann. ICRP** 41(1-2), Elsevier, (2012).

**Contato:**

Rochelle Lykawka  
*Hospital de Clínicas de Porto Alegre, 90035-903,  
Porto Alegre - RS, Brasil*  
*E-mail: rlykawka@hcpa.edu.br*