

# Controle de qualidade em RapidArc com simulador de corpo humano antropomórfico Alderson utilizando filme radiocrômico em comparação ao MATLAB

## Quality assurance in RapidArc with Alderson anthropomorphic phantom using radiochromic film in comparison to MATLAB

Paulo L. Garcia<sup>1</sup>, Leonardo P. Silva<sup>1</sup>, Victor G. Alves<sup>2</sup>, Maíra R. Santos<sup>1</sup>, Cássia Trindade<sup>1</sup>, Laís P. Martins<sup>1</sup> e Delano V. S. Batista<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de câncer (INCA) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

<sup>2</sup>Serviço de Qualidade em Radiações Ionizantes (SQRI), INCA – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

### Resumo

Este trabalho apresentou o controle de qualidade para RapidArc utilizando simulador de corpo humano Alderson e filme radiocrômico como uma alternativa de sistema de aprovação final do planejamento de tratamento para tumores de crânio. Deste modo, foram comparadas as distribuições de dose fornecidas pelo sistema de planejamento com aquelas medidas pelo filme radiocrômico. A análise do índice gama ( $\Gamma$  *índice*) para verificar a aceitabilidade dos cálculos de distribuição de dose, apresentaram 95% de pontos de aprovação, sendo a maioria dos pontos de não conformidade em regiões próximas das bordas do PTV. Podemos tentar justificar tais pontos de não conformidade aos aspectos de transmissão das lâminas devido à região das bordas apresentarem perdas significativas se comparados às áreas centrais. O Programa MATLAB também se mostrou uma ferramenta eficiente para tais medidas e pode ser usado em programas de controle de qualidade.

**Palavras-chave:** RapidArc, controle de qualidade, índice gama, filme, radioterapia, simulador antropomórfico.

### Abstract

This paper presented the quality control for RapidArc using an Alderson human body phantom and radiochromic film as an alternative system to approve the treatment plan for brain tumor. Thus, it was comprised the dose distributions provided by the treatment planning system with those measured by the film radiocrômico. The gamma index ( $\Gamma$  *index*) analysis, to verify the acceptability of the dose distribution, was 95% of approved points, with the mostly non-compliance points in regions near the PTV's edges. These non-compliance points may be associated to transmission blades aspects, because the regions near the edges present significant losses compared to the central areas. Also, MATLAB has proved an effective tool for that measurements and it can be used in quality assurance programs.

**Keywords:** RapidArc, quality assurance, gamma index, film, radiotherapy, anthropomorphic phantom.

### Introdução

A técnica Intensity Modulated Arc Therapy (IMAT) proposta por Yu<sup>1</sup> como uma técnica de tratamento rotacional, tem sido descrita na literatura<sup>2-4</sup>. Esta técnica engloba tanto o Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT) quanto o RapidArc (RA) criado recentemente pela Varian, baseado nos conceitos criados por K. Otto<sup>5</sup>, o qual propõe a variação de alguns parâmetros, tais como

velocidade do gantry, taxa de dose e velocidades das lâminas, no intuito de otimizar a distribuição de dose<sup>6,7</sup>. Tanto o VMAT quanto RapidArc são formas de Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT)<sup>8</sup>. No entanto, o controle de qualidade do planejamento é essencial para verificar a equivalência entre a dose planejada e a entregue no paciente<sup>9</sup>.

Para verificar a distribuição de dose têm sido usados detectores bidimensionais, tais como câmaras de

ionização matriciais, dispositivos de imagens por portais eletrônicos (Eletronic Portal Imaging Device – EPID), filmes ou matrizes de diodos<sup>10</sup>. Filmes são utilizados frequentemente em IMRT para verificação da distribuição de dose devido à sua boa resolução e baixo custo quando comparados aos demais.

Nas técnicas de IMRT convencionais (*sliding window* e *steep and shoot*) o controle de qualidade pode ser feito com todos os ângulos de *gantry* dos campos a 0° e com detector perpendicular aos mesmos sobre a mesa de tratamento. No entanto, no controle de qualidade de RapidArc, o *gantry* deve girar junto com o detector para que se possa analisar a influência da gravidade no movimento das lâminas do colimador<sup>11</sup>. Nesse caso, as matrizes de diodos ou câmaras de ionização, que são os detectores mais usados em IMRT, precisam ser fixados ao *gantry*, o que torna esse controle de qualidade mais trabalhoso.

Com o intuito de tornar mais prático este controle de qualidade, podem ser usados simuladores de corpo humano tais como OCTAVIUS (PTW) e antropomórficos (Alderson Rando) com detectores embutidos, os quais possuem boa similaridade ao corpo com relação às heterogeneidades<sup>12,13</sup>.

Para controle de qualidade em IMRT tem sido proposto por alguns autores o índice gama como critério de aprovação de tratamentos. O índice gama engloba a diferença de dose e *distance-to-agreement* (DTA) os quais já são utilizados para avaliação em IMRT<sup>14</sup>. O DTA é a distância entre os dados dos pontos medidos e o ponto mais próximo da distribuição de dose calculada que exibe a mesma dose.

## Material e Métodos

O presente estudo foi realizado no Instituto Nacional de Câncer (INCA), no qual foi proposto um plano de tratamento de uma lesão de crânio (devido ser um dos casos mais frequentes na instituição) utilizando a técnica de RapidArc por meio de filme radiocrômico (GAFCHROMIC XR-RV2), simulador de corpo humano Alderson Rando e verificação de medidas utilizando programa MATLAB, visando uma alternativa para pré-avaliação de planejamentos de tratamento.

Para essa finalidade, primeiramente foi realizada uma tomografia computadorizada do crânio do simulador Alderson, onde foi marcada a região da cabeça, com material radiopaco, na qual o filme será colocado. A aquisição de imagens foi realizada por meio do tomógrafo da marca PHILIPS modelo Brilliance Big Bore de 16 canais, com uma espessura de corte de 16x0,75 cm e reconstrução em 1 mm. Em seguida, as imagens foram transferidas ao sistema de planejamento de tratamento via PACS.

No sistema de planejamento do tratamento Eclipse versão 8.6, algoritmo de cálculo AAA 8615, simulou-se um

volume alvo planejado (PTV) e um tratamento com um único arco de 360°. Para irradiação, foi utilizado o acelerador linear Trilogy da Varian. Antes da irradiação do simulador com o filme, foi estabelecida uma curva de calibração por meio do filme radiocrômico, administrando doses de 50, 100, 200 e 400 cGy em campos iguais de 5x5 cm<sup>2</sup>, pois a dose calculada no planejamento foi de 200 cGy. O filme radiocrômico foi posicionado entre duas placas de água sólida para uma distância fonte superfície (DFS) de 100 cm com o *gantry* a 0°. Em seguida, os quatro campos irradiados foram lidos em um scanner e a leitura obtida transferida ao MATLAB, que obteve a curva de calibração.

Após calibração da dose, colocou-se o filme no plano transversal do simulador, onde foi marcado previamente na tomografia conforme mostra a Figura 1.

O filme do controle de qualidade do planejamento também foi lido no mesmo scanner e relacionado com a dose por meio da curva de calibração. Em seguida foram avaliados no programa MATLAB com intuito de obter as análises comparativas das distribuições de doses entre os valores fornecidos pelo sistema de planejamento e os medidos pelo filme, no mesmo corte tomográfico, por meio do índice gama para uma concordância de 5% de variação de dose em 4 mm de *distance-to-agreement* (DTA), conforme sugerido em alguns artigos<sup>10,15</sup>.

## Resultados

A Figura 2 apresenta a comparação entre os valores medidos e calculados para o índice gama ( $\Gamma$ ) no MATLAB, avaliando 5% de variação da dose em 4 mm de DTA.

Os resultados oferecidos pelo MATLAB mostram um índice gama ( $\Gamma$ ) de 95%, demonstrando uma alta concordância entre os valores medidos e calculados no sistema de planejamento.



Figura 1. Posicionamento da cabeça do simulador Alderson Rando.

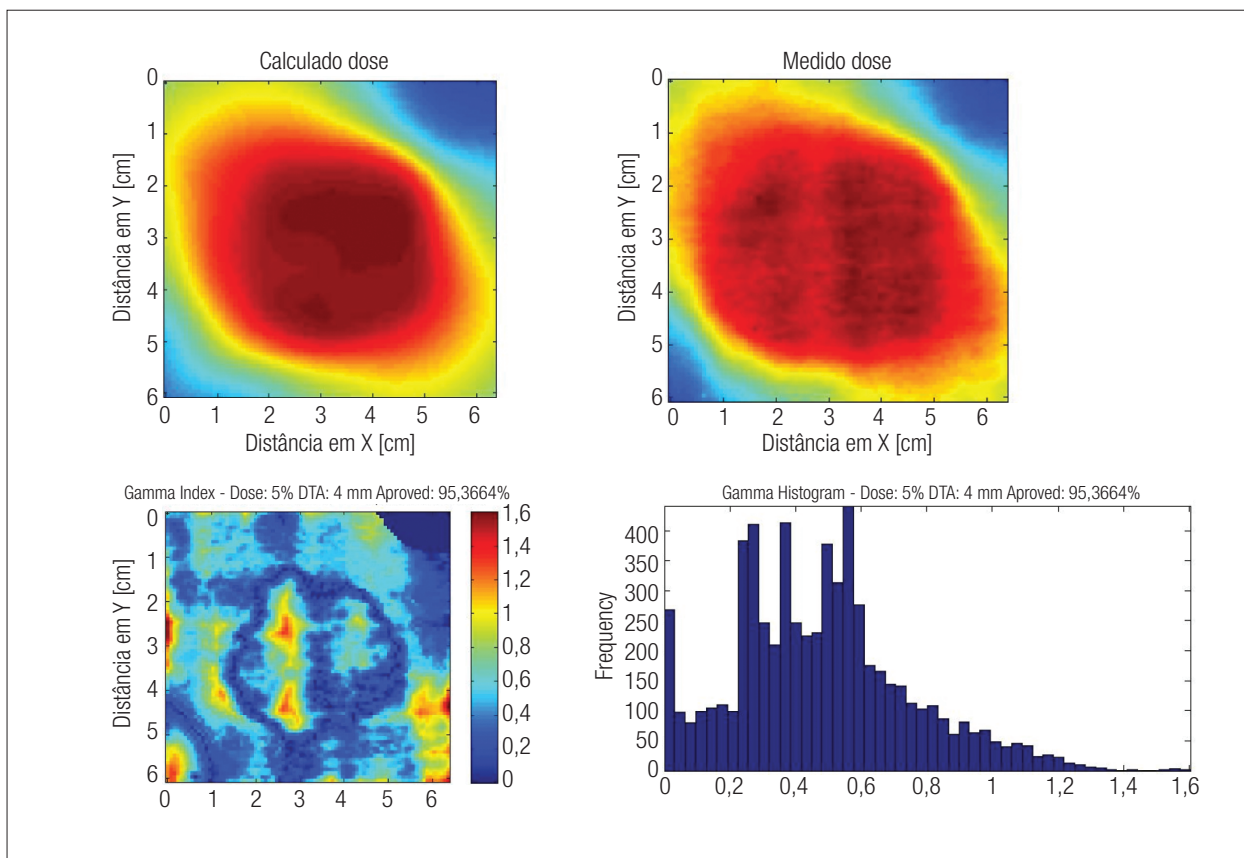


Figura 2. Gráfico de índice gama ( $\Gamma$ ) analisado entre medido e calculado.

## Discussão e Conclusões

De acordo com os resultados, o método proposto se mostra eficaz no controle de qualidade em RapidArc, com 95% de concordância entre o medido e calculado para 5% de variação de dose em 4 mm e, com isso, este método utilizando simulador antropomórfico e filme radiocrômico pode ser sugerido como uma conciliação desta técnica com outras ferramentas de controle de qualidade em RapidArc.

Outro ponto observado é que ao ser utilizado um simulador de corpo humano antropomórfico, as medidas feitas se aproximam das reais devido o mesmo apresentar as mesmas heterogeneidades do corpo humano. Igualmente, o MATLAB se mostrou uma ferramenta eficaz e, ao mesmo tempo, de boa relação custo benefício e de fácil acesso a qualquer instituição que deseja implementar esse tipo de avaliação. No entanto, para melhor entendimento e uso de filmes radiocrômicos e programas matemáticos, tais como MATLAB, aplicados em centros de radioterapia, é necessário o aprimoramento da técnica por meio de estudos comparativos com outros dispositivos de controle de qualidade tais como EPID, ArcCHECK, Delta4 e MatrixX.

## Agradecimentos

Ao staff Leonardo Peres da Silva; ao INCA pelo incentivo e estrutura favoráveis à pesquisa; e aos coordenadores e técnicos do serviço de radioterapia.

## Referências

1. Yu CX. Intensity-modulated arc therapy with dynamic multileaf collimation – an alternative to tomotherapy. *Phys Med Biol.* 1995; 40:1435-49.
2. Both S, Alecu IM, Stan AR, Alecu M, Ciura A, Hansen JM, et al. A study to establish reasonable action limits for patient-specific quality assurance in intensity-modulated radiation therapy. *JACMP.* 2007;8(2):1-8.
3. Buonamici FB, Compagnucci A, Marrazzo L, Russo S, Bucciolini M. An intercomparison between film dosimetry and diode matrix for IMRT quality assurance. *Med Phys.* 2007;34(4):1372-79.
4. Warkentin B, Steciw S, Rathee S, Fallone BG. Dosimetric IMRT verification with a flat-panel EPID. *Med Phys.* 2003;30(12):3143-55.
5. Otto K. Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc. *Med Phys.* 2008;35:310-7.
6. Ling CC, Zhang P, Archambault Y, Bocanek J, Tang G, Losasso T. Commissioning and quality assurance of RapidArc radiotherapy delivery system. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2008;72(2):575-81.

7. Bush K, Townson R, Zavgorodni S. Monte Carlo simulation of RapidArc radiotherapy delivery. *Phys Med Biol.* 2008;53:359-70.
8. Martens C, Claeys I, De Wagter C, De Neve W. The value of radiographic film for the characterization of intensity-modulated beams. *Phys Med Biol.* 2002;47(13):2221-34.
9. Wagner D, Vorwerk H. Two years experience with quality assurance protocol for patient related RapidArc treatment plan verification using a two dimensional ionization chamber array. *Rad Oncology.* 2011;6:21.
10. Howell RM, Smith IPN, Jarro CS. Establishing action levels for EPID-based QA for IMRT. *JACMP.* 2008;9(3):16-25.
11. Sukumar P, Padmanaban S, Jeevanandam P, Kumar SAS, Nagarajan V. A study on dosimetric properties of electronic portal imaging device and its use as a quality assurance tool in Volumetric Modulated Arc Therapy. *Rep Pract Oncol Radiother.* 2011;16(6):248-55.
12. Greer PB, Barnes MP. Investigation of an amorphous silicon EPID for measurement and quality assurance of enhanced dynamic wedge. *Phys Med Biol.* 2007;52:1075-87.
13. Khan FM. *Physics of radiation therapy.* Minnesota: Lippincott Williams & Wilkins, McGraw-Hill; 2003.
14. Depuydt T, Van Esch A, Huyskens DP. A quantitative evaluation of IMRT dose distributions: Refinement and clinical assesment of the gamma evaluation. *Radiother Oncol.* 2002;62(3):309-19.
15. Low DA, Harms WB, Mutic S, Purdy JA. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. *Med Phys.* 1998;25(5):656-61.