

# Avaliação dos Dados de Controle de Qualidade Para Planejamentos Radioterápicos com a Técnica VMAT realizados no Hospital São Lucas

## Quality Control Assessment Data for Planning Radiotherapy with VMAT Technique made at the Hospital São Lucas

Matheus Leidens<sup>1</sup>, Juliane S. Lopes<sup>1</sup>, Daniela R. Estácio<sup>1</sup>, Larisse N. Bonatto<sup>1</sup>, Angela Sansson<sup>1</sup>, Patrícia Sbaraini<sup>1</sup>, Lucas O. Duarte<sup>1</sup>, Ana M. Marques da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Serviço de Radioterapia, Hospital São Lucas da PUCRS, Porto Alegre, Brasil  
<sup>2</sup>Faculdade de Física, PUCRS, Porto Alegre, Brasil

### Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar os testes realizados para o controle de qualidade (CQ) individual, planejado com a técnica de radioterapia de arco volumétrico modulado (VMAT), empregados na rotina do serviço de radioterapia da instituição. Foram avaliados os CQ's de 29 planejamentos realizados no período de agosto a outubro de 2015, sendo 15 casos de próstata e 14 de cabeça e pescoço (CP). Foram criados planos de verificação para o CQ de cada planejamento antes de iniciar o tratamento. Foram feitas duas avaliações: a análise  $\gamma$  ( $\gamma$ ), que compara a distribuição de dose medida e calculada, verificada por meio do EPID (*Electronic Portal Imaging Device*); e a análise da dose pontual entregue no isocentro de tratamento, utilizando um objeto simulador com uma câmara de ionização. Os resultados da análise  $\gamma$  para a próstata e CP foram  $(96,0 \pm 2,2)\%$  e  $(98,8 \pm 1,4)\%$ , respectivamente. A diferença de dose percentual entre a dose medida pela câmara de ionização e a gerada pelo plano de verificação, analisada tendo como limítrofe uma diferença de até 5%, foi de 93,3% de aceitação para próstata e para CP, 92,9%. Os planejamentos do serviço, em média, obedeceram aos critérios de aceitação da análise  $\gamma$  e das diferenças de dose. Assim, os procedimentos realizados nos tratamentos com VMAT da instituição estão adequados para aplicação clínica.

**Palavras-chave:** VMAT; Controle de Qualidade; Planejamento; Verificação Dosimétrica.

### Abstract

*The objective of this study was to evaluate the procedures used for quality control (QC) for each individual patient, planned with the volumetric modulated arc radiotherapy technique (VMAT), used in the routine of the institution's radiotherapy service. The QC of 29 plans, from August 2015 to October 2015, in 15 cases of prostate, and 14 of head and neck. During QC, verification planning were created, performed before starting the treatment. Two evaluations were performed: gamma analysis ( $\gamma$ ), which compares the measured and calculated dose distribution, verified through the EPID (Electronic Portal Imaging Device); and the verification of point dose delivered at the isocenter treatment, using a simulator object with an ionization chamber. The method involved the creation of verification plans of treatments and their evaluation and phantom. The results of  $\gamma$  analysis, for prostate and head and neck were, on average,  $(96.0 \pm 2.2)\%$  and  $(98.8 \pm 1.4)\%$ , respectively. For the prostate, in 93.3% of the cases examined, the differences between the dose measured by the ionization chamber and that generated by the verification plan were lower than 5%, and for CP, 92.9%. The treatment planning in the service, on average, obeyed the acceptance criteria and the dose differences of  $\gamma$  analysis. Thus, the procedures performed in the treatments using the VMAT of the institution are suitable for clinical application.*

**Keywords:** VMAT; quality control; planning; dosimetric verification.

### 1. Introdução

A técnica de radioterapia de arco volumétrico modulado ou VMAT (do inglês, *Volumetric Arc Therapy*) é uma técnica de tratamento de intensidade modulada do feixe, também denominada IMRT (do inglês, *Intensity-Modulated Radiotherapy*). O objetivo desta técnica é entregar a dose ao paciente durante o tratamento, buscando uma alta conformação de doses, através da otimização da taxa de dose, velocidade de rotação do *gantry* e das posições das lâminas do

colimador multi-lâminas ou MLC (do inglês, *Multi-Leaf Collimator*)<sup>1</sup>.

Na literatura, é possível encontrar trabalhos que analisam os benefícios da utilização da VMAT, demonstrando que esta nova técnica oferece uma cobertura do alvo de tratamento equivalente ou superior às técnicas convencionais<sup>2,3</sup>. A VMAT tem a finalidade de melhorar a preservação de órgãos críticos em comparação com outras técnicas de radioterapia, por exemplo, IMRT com *gantry* estático, procurando manter a mesma cobertura do alvo e reduzindo o tempo de tratamento<sup>2,3</sup>.

O estabelecimento de protocolos e testes para o controle de qualidade é de extrema importância para a precisão dos tratamentos. Quando uma nova técnica de radioterapia é introduzida na rotina de um serviço, testes devem ser realizados e analisados por um período de tempo para garantir segurança e confiabilidade na aplicação de tratamento dos pacientes<sup>4</sup>.

Os métodos de controle de qualidade (CQ) para avaliação dos planos que utilizam a VMAT evoluíram em relação aos utilizados em técnicas menos complexas. Com a introdução desta nova modalidade, surgiu a necessidade de técnicas confiáveis e eficientes para a realização do CQ individual para cada paciente, antes do início do tratamento, para verificar se a dose planejada está sendo entregue no tratamento<sup>5</sup>.

Objetos simuladores que podem ser posicionados na mesa ou anexados ao *gantry* para a realização do controle de qualidade vem sendo desenvolvidos. Usuários de VMAT estão testando uma variedade de dispositivos, tais como: câmaras de ionizações em matrizes bidimensionais, arranjo de diodos bidimensionais, filmes isolados ou combinações de filmes-diodos/filmes-câmaras de ionização em objetos simuladores cilíndricos, imagens usando dispositivos e análise de arquivos DYNALOG<sup>3,4,5</sup>. Recentemente, objetos simuladores tridimensionais, como ArcCHECK® (SunNuclear Corp., Melbourne, FL) e Delta4® (ScandiDos, Ashland, VA) foram projetados e testados para o CQ envolvendo tratamentos em arco<sup>3</sup>. Porém, estes dispositivos têm um alto custo, o que às vezes inviabiliza a sua aquisição.

Antes de o paciente começar o tratamento é importante fazer uma verificação da dose pontual, com a câmara de ionização (CI), no isocentro do tratamento planejado. Além da verificação da dose pontual, é importante avaliar o desempenho do movimento das lâminas do MLC durante o tratamento. Um dos métodos utilizados para esta análise é o uso do dispositivo eletrônico de imagem ou EPID (do inglês, *Electronic Portal Imaging Device*). Devido à sua alta resolução, resposta rápida e fácil disponibilidade de ferramentas digitais para análise, os EPIDs podem ser detectores ideais para analisar posições do MLC. O EPID torna possível executar esta tarefa, uma vez que utiliza uma matriz de detectores de alta resolução para aquisição de imagens. As imagens podem ser adquiridas durante todo o movimento do *gantry* e salvas em tempo real<sup>6,7</sup>. A verificação do correto posicionamento das lâminas do MLC pode ser realizada através da análise *gamma* ( $\gamma$ )<sup>8,9</sup>, que compara a distribuição da dose medida com a calculada no planejamento.

Para a verificação de um planejamento com a técnica VMAT, é necessário, além dos controles rotineiros, analisar as características de movimentação das lâminas ao longo de todo o arco.

Os testes realizados no controle de qualidade de VMAT, que são empregados na rotina dos serviços, visam garantir a segurança no tratamento do paciente, buscando a observação de fatores que podem ocasionar a entrega de dose não planejada ao paciente. A entrega incorreta de dose pode ter origem na movimentação das lâminas do MLC, problemas envolvendo o movimento de rotação do *gantry*, taxa de dose diferente do planejado, entre outros fatores<sup>10</sup>.

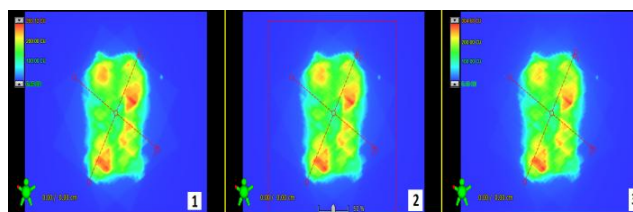
O objetivo deste trabalho é avaliar os procedimentos utilizados para o controle de qualidade, realizados para cada paciente, aplicados na rotina do serviço de radioterapia de um hospital de grande porte, no qual foi implementada a técnica VMAT. Pretende-se verificar se as tolerâncias encontram-se dentro dos critérios de aceitação recomendados na literatura.

## 2. Materiais e Métodos

Neste trabalho foram utilizados os dados obtidos a partir da realização dos procedimentos de controle de qualidade do planejamento individual de uma série de casos de pacientes. Os procedimentos foram realizados em um Acelerador Linear, modelo *Trilogy* (Varian Medical Systems®).

Os planejamentos de VMAT foram realizados utilizando o sistema de planejamento *Eclipse* da Varian®, versão 11. Durante o cálculo do planejamento, foi considerada a atenuação da mesa e a correção para heterogeneidade do meio. Foram realizados os procedimentos de controle de qualidade de 29 planejamentos no período de agosto de 2015 a outubro de 2015, sendo 15 casos de próstata, e 14 de cabeça e pescoço. Foram utilizados feixes de fótons de 6 e 10 MV, sendo utilizados dois arcos (um em sentido horário e outro anti-horário). A taxa de dose máxima utilizada foi 400 UM/min.

Para aquisição das imagens foi utilizado o EPID, posicionado a 105 cm da fonte de radiação. A avaliação das imagens adquiridas foi realizada utilizando o *Portal Dosimetry*, programa integrante do sistema de planejamento *Eclipse* da Varian®, com o modo de normalização de análise absoluta com alinhamento. A análise da distribuição entre a dose planejada e a entregue durante o tratamento foi realizada através da análise  $\gamma$ , que analisa as imagens de fluência geradas pelo EPID e as compara com as fluências geradas pelo sistema de planejamento (Figura 1).



**Figura 1.** Exemplo da tela de visualização da distribuição de dose planejada e entregue durante o tratamento. 1) Fluência planejada. 2) Sobreposição da fluência planejada com a medida pelo EPID. 3) Fluência medida pelo EPID.

A análise  $\gamma$  é uma técnica quantitativa para avaliação da distribuição de doses, desenvolvida por Low (1998)<sup>11</sup>, utilizada em planejamentos radioterápicos pela técnica de IMRT. O índice de qualidade na análise  $\gamma$  é dado pela equação (1):

$$\Gamma(r_m, r_c) = \sqrt{\frac{r^2(r_m, r_c) + \delta^2(r_m, r_c)}{\Delta d_M^2 + \Delta D_M^2}} \leq 1, \quad (1)$$

sendo  $r(r_m, r_c) = |r_m - r_c|$  a distância entre o ponto de referência  $r_m$  e o ponto comparado  $r_c$  e

$$\delta(r_m, r_c) = \frac{D(r_m) - D(r_c)}{D_{prescrita}}, \quad (2)$$

a diferença entre a dose  $D(r_c)$  no ponto comparado  $r_c$  em relação à dose  $D(r_m)$  no ponto de referência  $r_m$  e  $\Delta D_M$  e  $\Delta d_M$  os critérios de aceitação para a diferença de dose e a distância para concordância, respectivamente.

A precisão da medida quantitativa é determinada pelo ponto com o menor desvio do ponto de referência, ou seja, para o ponto para o qual  $\Gamma_m(r_c, D_c)$  é mínimo. Este valor mínimo é referido como a análise qualitativa  $\gamma(r_m)$  do ponto de referência, dado pela equação (3):

$$\gamma(r_m) = \min\{\Gamma(r_m, r_c) \forall \{r_c\}\} \quad (3).$$

Se  $0 < \gamma \leq 1$ , o ponto respeita os critérios estabelecidos e é considerado aprovado. Caso contrário,  $\gamma > 1$ , o ponto não respeita os critérios.

A análise da distribuição entre a dose planejada e a dose entregue durante o tratamento foi realizada através da análise  $\gamma$ . Foi utilizado o *software* Eclipse, da Varian®, utilizando o alinhamento automático que o *software* oferece e margem do campo, abrangendo assim toda área irradiada do EPID. Para tanto, utilizou-se a porcentagem de pontos da distribuição de dose que respeitassem os critérios de 3% de diferença de dose e 3 mm de distância para concordância. Além disso, como critério de qualidade, estabeleceu-se que 95% dos pontos deveriam passar no critério  $\gamma \leq 1$ , conforme recomendado pelo TG-119<sup>9</sup>.

Durante a realização do controle de qualidade utilizando o EPID, foram adquiridos os arquivos DYNALOGS de cada arco de tratamento, para avaliação do posicionamento de cada lâmina e outros erros relacionados.

A Figura 2 mostra a montagem para a medida de dose pontual no isocentro do planejamento.

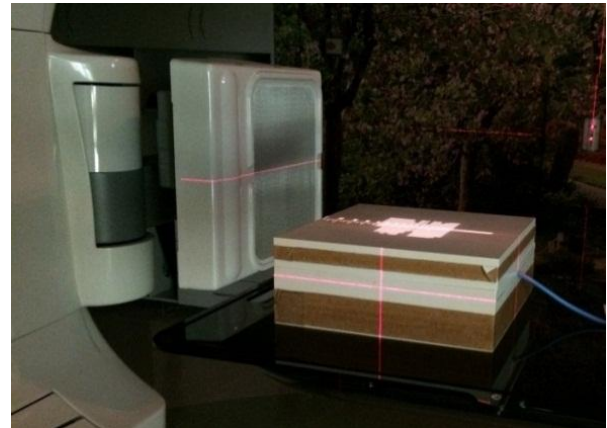


Figura 2. Montagem do procedimento de controle de qualidade para medida de dose pontual no isocentro.

Para a verificação da dose entregue no isocentro de tratamento do paciente foi escolhida uma metodologia na qual se utilizou a medida da dose pontual em um objeto simulador, conforme recomendado na literatura<sup>9,10,11</sup>. O objeto simulador era composto de dez placas de água sólida de 1 cm de espessura, e uma placa com 2 cm de espessura, com encaixe para câmara de ionização, que ficava entre as dez placas de água sólida. A câmara de ionização possuía forma cilíndrica modelo TN30013 – Farmer (PTW), com volume sensível de 0,6 cm<sup>3</sup>, à prova de água. A câmara de ionização ficava posicionada no centro do objeto simulador.

### 3. Resultados

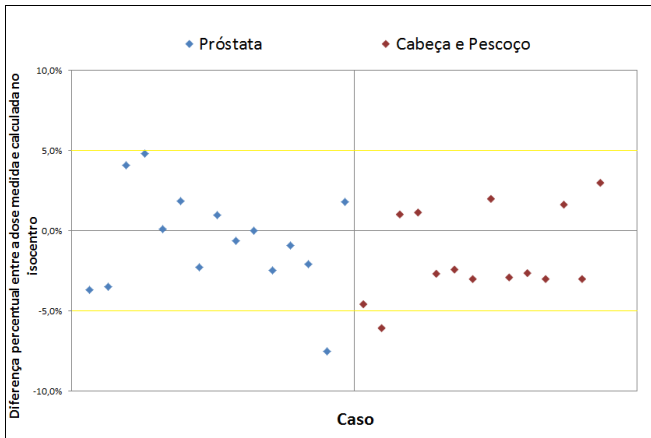
A Tabela 1 mostra os resultados da análise  $\gamma$  para toda série de casos estudados.

Tabela 1. Percentual de pontos que passaram no critério  $\gamma$ .

Planejamento	Número de Casos	Percentual dos Pontos com $\gamma \leq 1$	
		Média (%)	$\sigma$ (%)
Próstata	15	96,0	2,2
Cabeça e Pescoço (CP)	14	98,8	1,4

Os resultados da análise  $\gamma$  da série de casos de planejamento realizados pela instituição, para a próstata e cabeça e pescoço foram, em média,  $(96,0 \pm 2,2)\%$  e  $(98,8 \pm 1,4)\%$ , respectivamente.

A medida de dose pontual no isocentro do tratamento, obtida pela câmara de ionização, foi comparada com a dose calculada no plano de verificação gerado pelo sistema de planejamento, e os resultados se encontram na Figura 3.



**Figura 3.** Diferenças entre as doses medidas no isocentro e planejadas para uma série de 29 casos de planejamentos. As linhas amarelas representam os limites de aceitação de  $\pm 5\%$ .

A Figura 3 apresenta os resultados das diferenças de dose encontradas entre as doses medidas pela câmara de ionização e a gerada pelo plano de verificação. Nos casos de próstata, 93,3% dos casos analisados tiveram uma diferença de dose menor que 5%, sendo que apenas 1 caso apresentou uma diferença maior que 5%. Para CP, 92,9% dos casos analisados tiveram uma diferença de dose menor que 5%, com apenas 1 caso com uma diferença maior que 5% entre a dose calculada e a medida.

Além das análises utilizando o EPID e o objeto simulador, foram verificados durante os procedimentos de CQ, a partir de análises visuais, a movimentação das lâminas do MLC, o movimento de rotação do *gantry*, as taxas de doses, as unidades monitoras, e interlocks ou erros durante o tratamento. Em nenhum dos casos investigados observaram-se alterações nas movimentações, taxas de dose, unidades monitoras ou erros.

#### 4. Discussão

A avaliação do controle de qualidade específico para cada paciente de VMAT foi realizada utilizando o TG-119<sup>9</sup> e referências que se encontram disponíveis na literatura<sup>10,12,13</sup>.

Os resultados mostraram que os planejamentos do serviço, em média, obedeceram aos critérios de aceitação da análise  $\gamma$ , estabelecidos para o CQ de IMRT, descritos pelo TG-119<sup>9</sup>, e das diferenças de dose obtidas utilizando o objeto simulador<sup>10,12,13</sup>.

Segundo dados encontrados na literatura<sup>12</sup>, diferenças de doses encontradas revelam uma variação em torno de 2,6%, entre os valores da dose medida com a câmara de ionização e aqueles realizados pelo sistema de planejamento, quando não são consideradas correções de fuga da radiação. Estudos sugerem que uma diferença de dose de, no máximo 5%, é aceitável para verificação e validação de dose para IMRT<sup>10,13</sup>. Para diferenças maiores do que 5% deve-se realizar uma revisão do procedimento realizado.

O uso da análise  $\gamma$  e da dose pontual no isocentro de tratamento permite uma imediata avaliação dos planejamentos, possibilitando a reavaliação daqueles não aprovados pelo critério de aceitação, e a verificação da existência de possíveis erros entre as condições de planejamento e as medidas. Caso o novo planejamento continue não passando pelos critérios de aceitação, avalia-se a complexidade do planejamento antes de liberar o tratamento.

#### 5. Conclusões

O controle de qualidade específico para cada paciente planejado é fundamental para a segurança dos tratamentos com VMAT, pois envolve todas as etapas, desde o cálculo até a entrega da dose, incluindo as particularidades de cada caso<sup>10</sup>.

Avaliaram-se os procedimentos e tolerâncias que estão sendo utilizados para o controle de qualidade específico para cada paciente, planejado com a técnica de VMAT, empregados na rotina do serviço.

Os resultados apresentaram uma concordância com os critérios recomendados para os casos analisados<sup>9,10,12,13</sup>. Assim, conclui-se que os tratamentos realizados utilizando a técnica de VMAT da instituição estão adequados para aplicação clínica e os critérios de aceitação estabelecidos são apropriados para tratar os pacientes com acentuada segurança.

#### Referências

- Otto K, Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc, *Med. Phys.* 35, 310–317, 2008. Krummer SC, Giulikiani ER, Susin LO, Folleto JL, Lermen NR, Wu VY, et al. Evolução do padrão de aleitamento materno. *Rev Saúde Pública* 2000;34(2):143-8.
- Bakhtiari M, Kumaraswamy L, Bailey DW, De Boer S, Malhotra HK, Podgorsak MB. Using an EPID for patient-specific VMAT quality assurance, *Medical Physics* 38, 1366, 2011.
- Iftimia I, Cirino ET, Xiong LI, Mower HW. Quality assurance methodology for Varian RapidArc treatment plans. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, Volume 11, Number 4, fall 2010.
- Fogliata A, Clivio A, Fenoglietto P, Hrbacek J, Kloeck S, Lattuada P, Mancosu P, Nicolini G, Parietti E, Urso G, Vanetti E, Cozzi L. Quality assurance of RapidArc in clinical practice using portal dosimetry. *The British Journal of Radiology*, 84, 534–545, 2011.
- Schreibmann E, Dhabaan A, Elder E, Fox T. Patient-specific quality assurance method for VMAT treatment delivery. *Medical Physics* 36, 4530, 2009.
- Kang DJ, Jung JY, Kim HJ, Park S, Lee KS, Sohn SC, Shin YJ, Kim YL. The Patient Specific QA of IMRT and VMAT Through the AAPM Task Group Report 119. *Journal of the Korean Society of Radiological Technology*; v. 35(3); ISSN 1226-2854; Sep 2012; p. 255-263; 15 refs, 2 figs, 3 tabs.
- Korreman S, Medin J, Kjær-Kristoffersen F. Dosimetric verification of RapidArc treatment delivery. *Acta Oncologica*, 2009; 48: 185\_191.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, Prescribing, Recording, and Reporting Photon-Beam Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT). Report nº 83, Bethesda, USA, ICRU, 2010.
- Ezzell GA, Burmeister JW, Dogan N, LoSasso TJ, Mechalakos JG, Mihailidis D, et al. IMRT commissioning: multiple institution planning and dosimetry comparisons, a

- report from AAPM Task group 119.  
MedPhys.2009;36(11):5359-73.
10. Almeida CE. Bases físicas de um programa de garantia da qualidade em IMRT / Editor científico. Rio de Janeiro: Centro de Estudos do Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes /UERJ, 2012. il.; 259 p.
  11. Low DA, Harms WB, Mutic S, Purdy JA. A Technique for the Quantitative Evaluation of Dose Distributions. Med. Phys. 25 (5), May 1998. Am. Assoc. Phys. Med.
  12. Leybovich LB, Sethi A, Dogan N. Comparison of ionization chambers of various volumes for IMRT absolute dose verification. Med. Phys. 2003; V 30: N° 2.
  13. Doblado FS, Hartmann GH, Pena J, Capote R, Paiusco M, Rhein B, Leal Antonio, Lagares JI. I. J. Radiation Oncology. Volume 68, Number 1, 2007.

**Contato:**

Juliane Schossler Lopes  
Avenida Ipiranga, 6690 – Setor de Radioterapia,  
térreo. Porto Alegre, RS  
E-mail: [juliane.lopes@pucrs.br](mailto:juliane.lopes@pucrs.br)