

Levantamento dos Pontos Reprovados pela Análise Gama em Distribuições Planares de Controle de Qualidade de IMRT de Planejamentos de Cabeça e Pescoço

Survey of Points Reproved by Gamma Analysis in Planar Distributions of IMRT Quality Assurance in Head and Neck Planning

Machado P. Z. F.¹, Funchal M.¹, Lyra J. G. P.¹, Fernandes T. C. O.¹, Bruning F. F.¹

¹Departamento de Radioterapia, Hospital Erasto Gaertner, Curitiba, Brasil

Resumo

A técnica de IMRT (Radioterapia por Intensidade Modulada) tem se tornado cada vez mais comum em Centros de Radioterapia e, devido ao seu alto grau de complexidade, requer um Controle de Qualidade (CQ) específico para cada tratamento antes de ser realizado. Este artigo tem como objetivo fazer um levantamento retrospectivo dos pontos reprovados em distribuições de doses planares avaliadas pela Análise Gama em controles de qualidade de planejamentos de IMRT na região de cabeça e pescoço, executados em um acelerador linear Varian CLINAC 600CD e colimador multilâminas Varian Millennium 120 com a técnica *sliding-window*, planejados no sistema Eclipse versão 13.5 (Varian Medical Systems). As distribuições de doses planares medidas foram obtidas com uma matriz de detectores bidimensional MAPCHECK 2 (Sun Nuclear Corporation) e placas de água sólida RW3 SlabPhantom (Sun Nuclear Corporation). A comparação entre a distribuição planar de dose medida e de dose calculada foi feita através da análise gama com normalização local e medidas de dose absoluta, considerando como critério de aprovação que no mínimo 95% dos pontos avaliados estejam em concordância com o índice de 3%/3mm. Uma planilha de dados foi gerada para inserção dos dados levantados e posterior classificação e avaliação desses resultados. Uma análise complementar do levantamento dos pontos reprovados fornece um melhor entendimento das possíveis falhas dentro do processo de execução da técnica e, conseqüentemente, produz uma melhora em todo o processo de planejamento, controle de qualidade, entrega de dose, definição de limites de tolerância e níveis de ação, mesmo quando os CQs de IMRT satisfaçam os critérios de aprovação definidos pela análise gama.

Palavras-chave: IMRT; controle de qualidade; câncer de cabeça e pescoço.

Abstract

The IMRT (Intensity Modulated Radiation Therapy) technique has become increasingly common in Radiotherapy Centers. Due to its high degree of complexity it requires a specific Quality Assurance (QA) for each treatment before it is performed. The objective of this article is to make a retrospective survey of points reproved in planar distribution by Gamma Analysis in quality assurances of IMRT planning for head and neck region executed by a linear accelerator Varian CLINAC 600CD and Multileaf Collimator Varian Millennium 120, using the sliding-window technique in the 13.5 Eclipse planning system version (Varian Medical Systems). The measured planar dose distributions were obtained with an array of two-dimensional detectors MAPCHECK 2 (Sun Nuclear Corporation) and solid water plates RW3 SlabPhantom (Sun Nuclear Corporation). The comparison between the measured and calculated planar dose distribution was made through the gamma analysis, with local normalization and absolute dose analysis considering as criteria of approval at least 95% of the evaluated points to be in agreement with the 3%/3mm index. A data sheet was created for insertion of the collected data and further classification and evaluation of these results. A complementary analysis of the reproved points provides a better understanding of possible failures within the process in performance of the technique and consequently produces an improvement in the whole process of planning, quality assurance, dose delivery, definition of tolerance limits and action levels, even if QAs of IMRT meet the approval criteria defined by the gamma analysis.

Keywords: IMRT; quality assurance; head and neck cancer.

1. Introdução

Uma das modalidades de tratamento de radioterapia que vem assumindo um papel importante entre as opções de tratamento é a Radioterapia por Intensidade Modulada (IMRT). Diferentemente da técnica de Radioterapia Tridimensional Conformacional (3DCRT), esta técnica possibilita o uso de múltiplos feixes de radiação de intensidades não uniformes, permitindo

uma maior conformação da dose no volume alvo de planejamento (PTV) com uma maior restrição da dose em órgãos em risco (OAR) localizados ao redor deste volume^{1,2}.

Como toda modalidade de tratamento que envolve grande precisão na sua execução, deve-se implementar um Programa de Qualidade e deve-se realizá-lo periodicamente, com abrangência suficiente para que os testes realizados assegurem

a funcionalidade dos aceleradores, colimadores multilâminas (MLC) e sistemas de planejamento, mantendo-se dentro de limites de tolerância definidos em protocolos³.

A complexidade envolvida na técnica de IMRT torna mais significativa a influência das incertezas na entrega da dose de tratamento associadas ao processo de planejamento. Pode-se citar, como exemplo: aspectos mecânicos e dosimétricos do MLC, fator de calibração do acelerador, tamanho da matriz de cálculo de dose, correções de heterogeneidade, transferência de dados do sistema de planejamento para sistema de verificação e registro, entre outros.

Dentro desse cenário, é imprescindível adicionar ao Programa de Qualidade um Controle de Qualidade Específico por Paciente (CQ de IMRT) para os tratamentos de IMRT, assegurando que a dose prescrita e o plano aprovado pelo médico sejam entregues da forma mais precisa possível.

Existem diversas maneiras que podem ser empregadas para a realização de um CQ de IMRT, sendo a mais usual a utilização de dispositivos 2D para medidas das distribuições de dose, como por exemplo: matriz de detectores (diodos ou câmaras de ionização), filmes radiográficos, filmes radiocrômicos ou EPIDs (dispositivo de imagem portal eletrônica)^{4,5}.

A análise gama é a metodologia mais empregada para avaliação de um CQ de IMRT. Em comparações planares, esta análise avalia a concordância entre pontos de dose medidos e calculados tomando, geralmente, como critério de aprovação que, no mínimo, 95% dos pontos avaliados estejam dentro dos índices de 3%/3mm, os quais se referem a 3% de diferença de dose e 3 mm de distância de concordância (DTA)⁶.

Em complemento à análise gama, é necessária a avaliação da distribuição espacial dos pontos avaliados que não satisfazem o critério de aprovação citado acima, de forma a considerar seu impacto clínico na entrega de tratamento.

Deste modo, este trabalho tem como objetivo fazer um levantamento retrospectivo dos pontos reprovados na análise gama de planejamentos da região de cabeça e pescoço realizados no período de janeiro de 2016 a novembro de 2017. Além disso, pretende verificar se os pontos reprovados seguem um padrão tanto na proporção de reprovação com sobredose e subdose, quanto espacialmente na sua localização. Esses aspectos são considerados importantes em planejamentos da região de cabeça e pescoço devido a uma maior complexidade nas fluências geradas para garantir uma melhor conformidade nos volumes de tratamentos, minimizando a dose em órgãos em risco.

2. Materiais e Métodos

Para a realização deste trabalho, os seguintes materiais foram utilizados no CQ de IMRT:

- matriz de detectores MAPCHECK2 (Sun Nuclear Corporation) de (32 x 26) cm² com 1527 diodos espaçados entre si de 7,07 mm;

- placas de água sólida RW3 SlabPhantom (Sun Nuclear Corporation);
- software SNCPatient 2 (Sun Nuclear Corporation);
- sistema de planejamento Eclipse versão 13.5 (Varian Medical Systems), com algoritmo de otimização para IMRT PO (Photon Optimizer) versão 13.5.35 e algoritmo de cálculo de dose AAA (Anisotropic Analytical Algorithm) versão 13.5.35;
- acelerador linear Varian CLINAC 600CD;
- colimador multilâminas Varian Millennium 120 lâminas.

2.1. Avaliação do controle de qualidade específico de IMRT

Foram analisados controles de qualidade de planejamentos da região de cabeça e pescoço, executados no acelerador linear com o colimador Multilâminas empregando a técnica *sliding-window* e planejados no sistema Eclipse, sem correção de heterogeneidade, usando o algoritmo de otimização para IMRT PO.

As distribuições planares calculadas foram exportadas para o acelerador a partir do sistema de planejamento.

No CQ de IMRT as medidas de distribuições planares por campo de tratamento são obtidas utilizando a matriz de detectores com a adição de cinco centímetros de água sólida (Figura 1). O plano dos detectores foi posicionado no isocentro do acelerador linear.

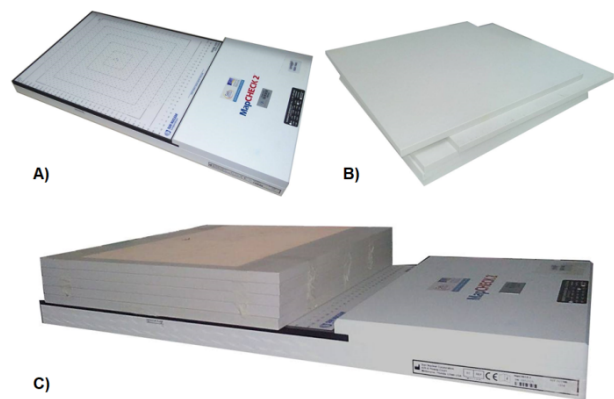


Figura 1: A) Equipamentos utilizados para medição de CQ de IMRT. A) Matriz MapCheck2; B) Placas de água sólida RW3; C) Conjunto formado pela matriz bidimensional e cinco centímetros de água sólida.

Uma análise comparativa entre as distribuições de dose medidas e as distribuições de dose planejadas foi realizada pelo software de aquisição e análise SNCPatient2 (Figura 2). A comparação entre as fluências foi feita aplicando-se a análise gama⁷ com normalização local e com medidas de dose absoluta, considerando como critérios de aprovação da instituição os índices de 3% de diferença de dose e 3 mm de distância para uma concordância de no mínimo 95% dos pontos avaliados. O valor de *threshold* a ser informado ao software foi definido como 10%, ele corresponde ao valor de dose mínima a ser considerada na avaliação, isso permite

eliminar áreas de baixa dose fora da região de interesse.

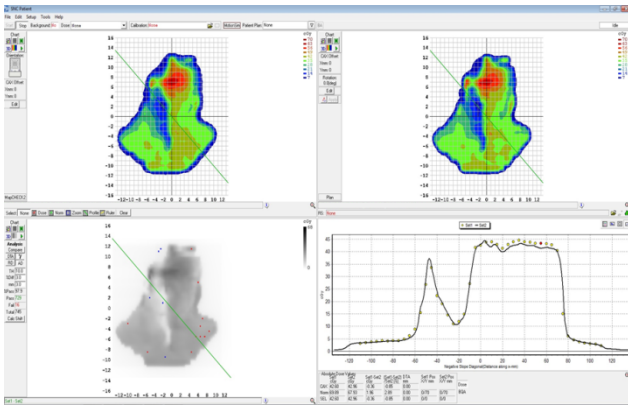


Figura 2: Software SNC Patient utilizado para comparação planar de distribuição de dose entre os campos medidos e calculados pelo sistema de planejamento.

2.2. Análise dos dados coletados

Cada campo de tratamento foi caracterizado de acordo com o número total de pontos avaliados e com a região de localização desses pontos. No que se refere à quantidade de pontos, os campos foram classificados como pequenos, médios e grandes, para uma quantidade menor que 200 pontos, entre 201 e 400 pontos e maior que 400 pontos, respectivamente, segundo Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do tamanho de campo de acordo com a quantidade de pontos avaliados.

Quantidade de pontos avaliados	Tamanho do campo
< 200	Pequeno
entre 201 e 400	Médio
> 400	Grande

Em relação à localização dos pontos, foram definidos de acordo com sua posição em regiões de borda de campo, regiões de baixa dose entre fluências de alta dose e demais regiões, conforme ilustração da Figura 3.

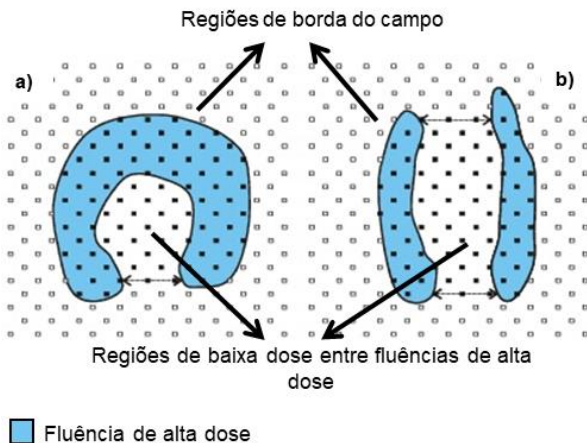


Figura 3: Tipos de regiões em que se localizam pontos reprovados: a) de borda do campo e b) entre fluências de acordo com o formato dos campos.

Uma planilha de dados foi gerada para inserção dos dados levantados de cada CQ de IMRT analisado. Dentre esses dados estão o número total de pontos avaliados, número de pontos aprovados, percentual de aprovação desses pontos, número de pontos reprovados, número de pontos reprovados com sobredose e subdose e número de pontos reprovados localizados nas regiões anteriormente descritas.

3. Resultados

Foram analisados 457 campos, resultando em um total de 229.129 pontos avaliados. O percentual médio de aprovação pela análise gama dos pontos avaliados foi de 98,0%.

A Tabela 2 fornece o percentual médio de aprovação pela análise gama dos pontos avaliados conforme o tamanho de campo, seguindo a classificação descrita anteriormente com relação à quantidade de pontos avaliados.

Tabela 2. Percentual Médio de aprovação dos pontos avaliados de acordo com o tamanho do campo de tratamento.

Tamanho do campo	Percentual Médio de Aprovação (%) ± desvio padrão
Pequeno	99,3 ± 1,0
Médio	98,4 ± 2,9
Grande	98,0 ± 2,2

Dentro do percentual médio de 2,0% de reprovação de todos os pontos avaliados, 58% desses pontos exibiram dose maior que a calculada e 42% dos pontos medidos apresentaram dose menor que a calculada pelo sistema, conforme observado no gráfico apresentado na Figura 4.

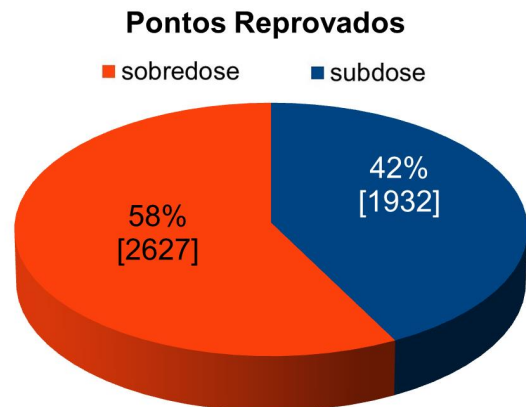


Figura 4. Percentual de pontos reprovados com sobredose e subdose pela análise gama em um total de 229.129 pontos avaliados em 457 campos.

A Tabela 3 fornece a quantidade de pontos avaliados e reprovados pela análise gama para diferentes tamanhos de campo, assim como o percentual de pontos reprovados com subdose e com sobredose em relação ao número total de pontos reprovados.

Tabela 3. Número total de pontos avaliados, número total de pontos reprovados e percentuais de reprovação dos pontos com sobredose e subdose em relação ao número total de pontos reprovados para diferentes tamanhos de campo.

Tamanho do campo	Número total de pontos avaliados	Número total de pontos reprovados	Percentual dos pontos reprovados	
			(%) Sobredose	(%) Subdose
Pequeno	4.852	39	18,0	82,0
Médio	24.876	406	53,0	47,0
Grande	199.401	4.114	58,5	41,5

Referente à localização destes pontos reprovados, notou-se que 24% localizaram-se entre as regiões de borda de campo, 6% entre as regiões de baixa dose entre fluências de alta dose e 70% distribuídos aleatoriamente nas demais regiões de interesse.

4. Discussão

Pela análise da amostragem geral do número de pontos avaliados referentes aos CQ de IMRT de 457 campos, considerou-se o percentual médio de 98,0% de pontos aprovados pela análise gama um resultado satisfatório, tendo em vista que o percentual mínimo de aprovação, adotado pela instituição, é de 95%. Outro aspecto considerado na avaliação é o fato de que os planejamentos de cabeça e pescoço geram fluências de dose mais complexas em relação a outros sítios anatômicos.

Constatou-se também que o parâmetro de tamanho de campo não influenciou esse percentual de aprovação.

Entre os pontos reprovados observou-se uma leve predominância de sobredose nos valores medidos em relação à dose planejada para os campos médios e grandes e, o comportamento inverso para os campos pequenos, tendo isso sido bem acentuado. A distribuição espacial desses pontos deve ser considerada em termos do impacto clínico que pode ser gerado de acordo com sua localização. Uma concentração de pontos de subdose pode comprometer a devida cobertura de determinada região do volume de tratamento, enquanto concentrações de pontos de sobredose em regiões que representam órgãos em risco podem ultrapassar limites de dose nesses órgãos. Verificou-se que os pontos se distribuíram predominantemente em localizações aleatórias independentemente da classificação de tamanho de campo.

Uma série de parâmetros pode influenciar os resultados encontrados nessa análise, o que dificulta determinar uma relação direta de um único parâmetro como causa de reprovação de um conjunto de pontos. No caso de campos médios e grandes, por causa da maior complexidade nos mapas de fluências, um fator determinante pode ser a maior exigência dos aspectos mecânicos do MLC, como precisão de posicionamento, aceleração e desaceleração das lâminas, e aumento do número de lâminas envolvidas.

Os aspectos dosimétricos também podem impactar diretamente nos resultados obtidos. Dentre

estes aspectos, pode-se citar os fatores de calibração do acelerador, as condições de simetria e planura do feixe no momento da medida, assim como a modelagem da extremidade da lâmina do MLC, valor de DLG (*Dosimetric Leaf Gap*) e valores de transmissão através das lâminas do MLC.

A resolução das distribuições de dose, associadas à distância entre os detectores na matriz e à grade de cálculo do sistema de planejamento, também deve ser considerada como possível fonte de incerteza no processo de CQ de IMRT.

5. Conclusões

Um levantamento geral dos pontos reprovados pela análise gama pode levar a um melhor entendimento da influência dos parâmetros dosimétricos e mecânicos do Colimador Multilâminas, bem como dos parâmetros técnicos do planejamento no impacto do percentual de aprovação dos controles de qualidade.

A análise da distribuição espacial dos pontos reprovados em complemento à análise gama para cada campo do CQ de IMRT pode levar a uma melhor compreensão dos possíveis impactos clínicos devido às diferenças entre as distribuições de dose medidas e calculadas.

Outro aspecto importante é a oportunidade de investigação das possíveis falhas que podem levar à reprovação desses pontos, que não foram o foco desse trabalho, devido aos resultados satisfatórios nos testes de implementação da técnica de IMRT.

Como extensão desse trabalho, sugere-se a criação de testes que possam isolar os parâmetros de influência e identificar as fontes de maior impacto, consequentemente, produzindo uma melhora em todo o processo de planejamento, controle de qualidade, entrega de dose, definição de limites de tolerância e níveis de ação.

Visto que a precisão na execução da técnica de IMRT depende da funcionalidade dos aceleradores e do colimador multilâminas, devem-se realizar, periodicamente, testes do Programa de Qualidade de forma a garantir tal desempenho de forma adequada.

Referências

1. Khan, F. M. (4th ed.). The physics of radiation therapy. Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
2. Lavour, M. Avaliação das ferramentas de controle de qualidade para pacientes submetidos ao IMRT. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, São Paulo. 2011.
3. Klein, E. E. et al. Task Group 142 report: quality assurance of medical accelerators. Medical physics, v. 36, n. 9 Part1, p. 4197-4212, 2009.
4. Almeida, C. E. Bases Físicas de um programa de garantia da qualidade em IMRT. Rio de Janeiro: Centro de Estudos do Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes /UERJ, 2012.
5. Dicker, Adam P.; Ford, Eric C.; Williams, Tim R. (1st ed.). Quality and Safety in Radiation Oncology: Implementing Tools and Best Practices for Patients, Providers, and Payers. Springer Publishing Company, 2016.
6. Ezzell, G. A. et al. IMRT commissioning: multiple institution planning and dosimetry comparisons, a report from AAPM Task Group 119. Medical Physics, v. 36, n. 11, p. 5359-5373, 2009.

7. Miften, M. et al. Tolerance Limits and Methodologies for IMRT Measurement-Based Verification QA: Recommendations of AAPM Task Group No. 218. Medical Physics, 2018.

Contato:

Pâmela Zati Ferreira Machado

Endereço: Rua Dr. Ovande do Amaral, 201 – Jardim das Américas – CEP 81.520-060 – Curitiba/PR. Departamento de Radioterapia do Hospital Erasto Gaertner.

E-mail: pamela_zafe@hotmail.com