

Avaliação da repetibilidade de parâmetros dosimétricos do feixe de um acelerador linear

Evaluation of the repeatability of dosimetric parameters of a linear accelerator beam

Humberto A. S. Morelli¹, Harley F. de Oliveira¹, Maelson do N. Silva¹ e Juliana F. Pavoni¹

¹Serviço de Radioterapia/Centro de Ciências da Imagem e Física Médica, Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP, Ribeirão Preto, Brasil

Resumo

Este trabalho tem como objetivo fazer uma avaliação da repetibilidade da simetria e planura do feixe de fótons de 6 MV do acelerador linear Oncor Impression, da marca Siemens do Serviço de Radioterapia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP. Ao total foram colhidas 102 medidas, com periodicidade semanal, através de detector bidimensional de câmaras de ionização, MatrixX Evolution, da IBA Dosimetry, conectado a um computador com o software OmniProl'mrt. O isocentro do acelerador linear foi colocado no centro do volume sensível do detector, com placas de água sólida acima e abaixo do mesmo. Os dados foram colhidos com 100 UM, com tamanho de campo 10x10 cm². Os valores de planura e simetria foram calculados pelo *software* do arranjo utilizado. A primeira medida desse trabalho foi usada como referência, sendo as demais colhidas comparadas com ela, levando em consideração os valores de variações permissíveis para tais parâmetros. Foram analisados os valores mínimos, máximos e médios. A literatura indica que os valores de planura e simetria não devem variar em mais de 2 e 3%, respectivamente. Os resultados desse trabalho mostram que os valores desses parâmetros para o acelerador linear em estudo estão dentro das variações permissíveis nos protocolos, estando, portanto, hábeis para o uso clínico adequado.

Palavras-chave: radioterapia; acelerador linear; controle de qualidade; simetria; planura.

Abstract

This study aims to evaluate the repeatability of symmetry and flatness of the photon beam of 6 MV linear accelerator Oncor Impression, Siemens, from the Radiotherapy Department of the Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP. In total they were collected 102 measures, weekly, through two-dimensional detector of ionization chambers, MatrixX Evolution, IBA Dosimetry, connected to a computer with software OmniProl'mrt. The isocenter of the linear accelerator was placed in the center of the sensitive volume of the detector with solid water plates above and below these. Data were collected with 100 UM, with field size 10x10 cm². The flatness and symmetry values were calculated by the software used. The first measurement of this work was used as reference, the others were compared with it, taking into account the values of permissible variation for these parameters. The minimum, maximum and average value were analyzed. The literature indicates that the flatness and symmetry values should not vary by more than 2 and 3%, respectively. The results of this work show that the values of these parameters for the linear accelerator study are within the permissible variations in protocols and are therefore able to appropriate clinical use.

Keywords: radiotherapy; linear accelerator; quality assurance; symmetry; flatness.

1. Introdução

Uma tarefa imprescindível para um serviço de radioterapia é o processo do controle de qualidade do acelerador linear, sistemas de planejamentos e planejamentos de tratamentos radioterápicos. Protocolos e estudos sobre o tema são sempre revistos e reelaborados, trazendo soluções para problemas e propondo novos procedimentos de testes. Os físicos dos serviços devem sempre buscar se atualizar, de modo a garantir sempre o melhor tratamento possível para os pacientes.

No cenário atual da radioterapia, com a Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT) e com a Radioterapia Guiada por Imagem (IGRT), bem como com o surgimento de novos protocolos

com tratamentos cada vez mais hipofracionados, a garantia da qualidade se torna ainda mais presente e fundamental, já que os tratamentos são cada vez mais dependentes de tecnologia, buscando sempre maior precisão, com o intuito de diminuir a área de tecido saudável irradiado e, conseqüentemente, diminuir os efeitos colaterais e toxicidades oriundas da radioterapia, trazendo maior qualidade de vida aos pacientes submetidos aos tratamentos radioterápicos e maior taxa de controle tumoral.

O controle de qualidade de um acelerador linear é uma importante tarefa para garantir que o tratamento radioterápico seja adequadamente aplicado com base no planejamento previamente elaborado. É fato que todo aparelho eletrônico é

susceptível a pequenas variações de estabilidade, sendo assim, todos os parâmetros dosimétricos têm uma margem de variação permitida por normas e por protocolos de controle de qualidade. No entanto, quanto mais constante tais parâmetros sejam, melhor será a garantia da qualidade dos tratamentos. Entre os parâmetros dosimétricos, podemos citar a simetria e a planura.

A simetria pode ser definida como a diferença percentual da dose entre dois pontos simétricos ao eixo central a 80% de sua largura total. Sua variação máxima permissível é de 3%.¹

Outra forma possível para a obtenção da simetria é pela determinação das áreas abaixo de Z_{max} , profundidade na qual a dose é máxima, em cada lado do feixe em relação ao eixo central (esquerda e direita), estendendo até 50% da dose (normalizada em 100% no ponto do eixo central). Essas áreas nos perfis abaixo de Z_{max} podem ser obtidas, por exemplo, através de escaneamento automático em objetos simuladores de água. Sendo assim, a simetria seria calculada pela seguinte fórmula²:

$$S = 100x \frac{area_{esq} - area_{dir}}{area_{esq} + area_{dir}} \quad (1)$$

A planura pode ser definida como a variação percentual máxima permissível da dose dentro de 80% do FWHM (largura total à metade da altura do perfil de dose) do perfil do campo em um plano transversal ao eixo do feixe a uma profundidade definida; geralmente se escolhe os planos principais que contêm o eixo do colimador (*in plane* e *cross plane*). A planura pode ser obtida através da seguinte fórmula:

$$P = \frac{(D_{max} - D_{min})}{(D_{max} + D_{min})} x 100\% \quad (2)$$

onde D_{max} é a dose máxima dentro da área de 80% do FWHM do campo e D_{min} é a dose mínima.¹ A figura 1 exemplifica essa definição.

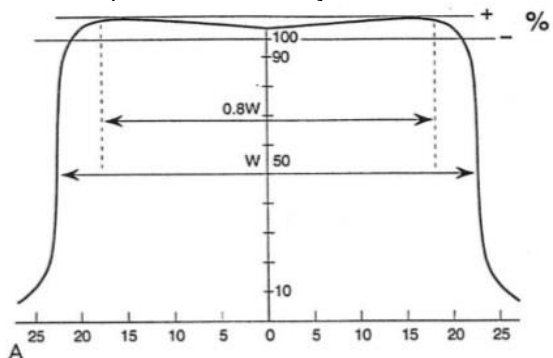


Figura 1. Exemplificação da definição de planura do feixe.³

De acordo com os protocolos de controle de qualidade, os valores de planura não podem ter variação maior que 2% para feixes de fótons¹.

Qualquer alteração em algum desses parâmetros pode levar a uma diferença na liberação da dose no tratamento, já que os sistemas de planejamento não levam em consideração essas possíveis

irregularidades do feixe. A garantia da qualidade do tratamento é algo que sempre deve ser considerada da maneira mais responsável possível, procurando sempre fazer mais testes e com mais frequência, de modo que pequenos possíveis erros sejam prontamente descobertos e corrigidos antes do tratamento do paciente.

Os protocolos de controle de qualidade¹ mostram que a avaliação da simetria e da planura para aceleradores lineares deve ser feita com periodicidade mensal, no entanto, conseguir fazer medidas semanais pode se tornar uma estratégia interessante para se conhecer melhor o feixe em estudo e garantir de forma plena que a variação de tais parâmetros esteja sempre de acordo com as normas e protocolos. Ou seja, a possibilidade de uma observação constante desses parâmetros é uma ferramenta importante para um serviço de radioterapia. A possibilidade de fazer uma análise em um longo período de tempo torna-se fundamental, já que se consegue obter indicadores que ilustram o comportamento do feixe, indicando possíveis mudanças no mesmo e podendo agendar manutenções corretivas em tempo hábil.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho é estudar e avaliar a simetria e a planura do feixe de fótons de 6 MV do acelerador linear Oncor Impression, da marca Siemens, do Serviço de Radioterapia do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto – FMRP – USP no período de 2 anos, com periodicidade semanal.

2. Materiais e Métodos

Para a realização desse procedimento foi utilizado um arranjo bidimensional de detectores com 1020 câmaras de ionização, MatriXX Evolution, da IBA Dosimetry, ligado a um computador com o software OmniProl'mrt, característico do arranjo. O espaçamento entre cada câmara é de 7,62 mm com uma área de cobertura total de 24,4x24,4 cm². Com o gantry a 0°, colocou-se o detector entre placas de água sólida, sendo 5 cm abaixo e 10 cm acima, garantido o retroespalhamento, de modo que o centro do volume sensível do mesmo foi colocado no isocentro do acelerador linear.

Após o posicionamento do arranjo, foi aberto um campo de 27x27 cm² e liberado 600 UM para garantir a estabilização do conjunto. Em seguida, o campo foi reduzido para 10x10 cm² e liberado 100 UM, adquirindo os dados do feixe de 6 MV do acelerador Oncor Impression. Os dados foram colhidos com periodicidade semanal, salvo exceções em que a máquina estava em manutenção. A partir dos dados adquiridos calculou-se a simetria e a planura do feixe no software OmniProl'mrt.

No total foram analisadas 102 medidas, calculado a média e desvio padrão, observando também os valores máximos e mínimos para cada parâmetro deste trabalho. A primeira medida obtida foi considerada como o valor de referência, sendo que neste momento a máquina estava adequadamente calibrada e habilitada para o uso clínico. As

variações máximas permissíveis foram retiradas do documento *TEC DOC -1151 Aspectos físicos da garantia de qualidade em radioterapia*, documento resultante da tradução de um dos produtos do *Projeto Arca*, da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA).¹ A figura 2 ilustra o *setup* utilizado.

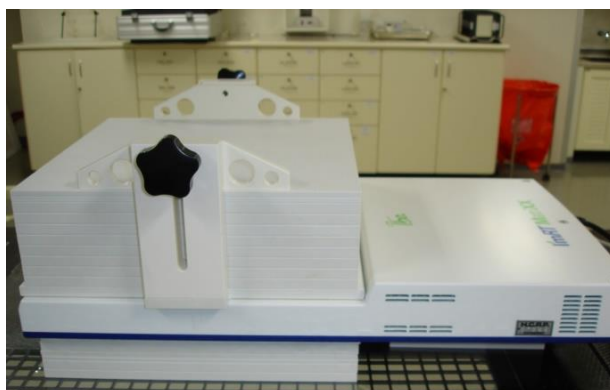


Figura 2. Arranjo do dispositivo para a coleta dos dados de simetria e planura.

3. Resultados

Foram analisados 102 dados dos parâmetros colhidos. Para a simetria e planura foram avaliados o eixo X e eixo Y. Os valores de referência utilizados nesse trabalho são mostrados na Tabela 1, abaixo.

Tabela 1. Valores de referência utilizados

Eixo	Simetria (%)	Planura (%)
X	0,07	2,8
Y	0,23	3,2

Em relação à simetria, o valor médio obtido para o eixo X foi de 0,11% com desvio padrão de 0,10%, sendo o valor mínimo de 0% e o máximo de 0,54%. Já para o eixo Y, o valor médio foi de 0,16%, com desvio padrão de 0,15%, sendo o valor mínimo de 0% e o máximo de 1,17%.

Em relação à planura, o valor médio obtido para o eixo X foi de 2,74% com desvio padrão de 0,29%, sendo o valor mínimo encontrado de 2,04% e o máximo de 3,27%. Já para o eixo Y, o valor médio encontrado foi de 3,34%, com desvio padrão de 0,29%, sendo o valor mínimo de 2,71% e o valor máximo de 4,03%.

Os resultados deste trabalho são apresentados de forma detalhada nas figuras 3, 4, 5 e 6, abaixo, mostrando o comportamento de cada variável, planura e simetria, respectivamente, em relação às medições colhidas, para cada eixo, onde podem ser observadas suas variações ao longo do tempo.

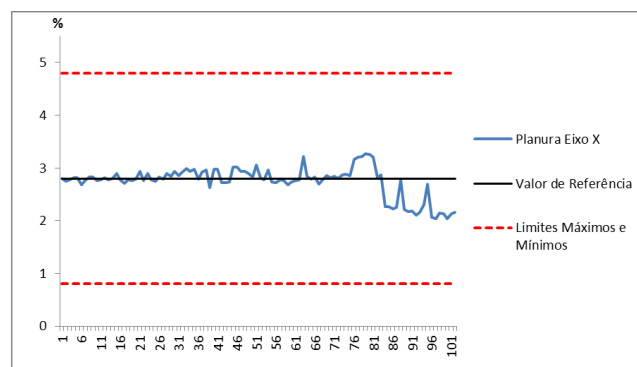


Figura 3. Dados da planura para o eixo X ao longo das 102 medidas. O valor de referência é indicado pela reta com linha contínua e os valores aceitos para variação estão indicados pela reta tracejada.

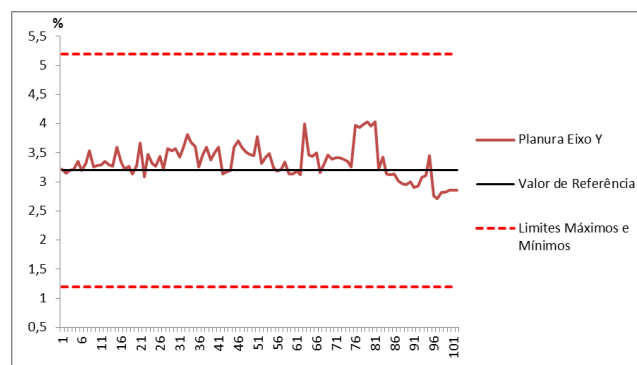


Figura 4. Dados da planura para o eixo Y ao longo das 102 medidas. O valor de referência é indicado pela reta com linha contínua e os valores aceitos para variação estão indicados pela reta tracejada.

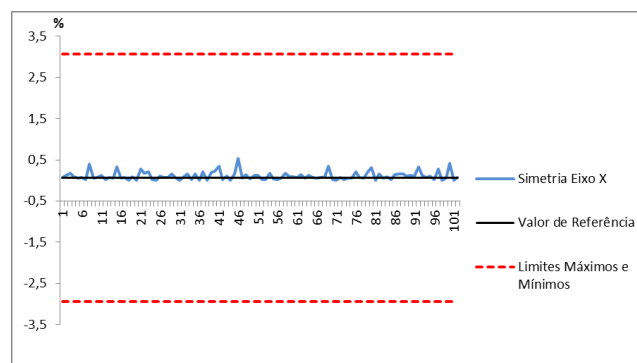


Figura 5. Dados da simetria para o eixo X ao longo das 102 medidas. O valor de referência é indicado pela reta com linha contínua e os valores aceitos para variação estão indicados pela reta tracejada.

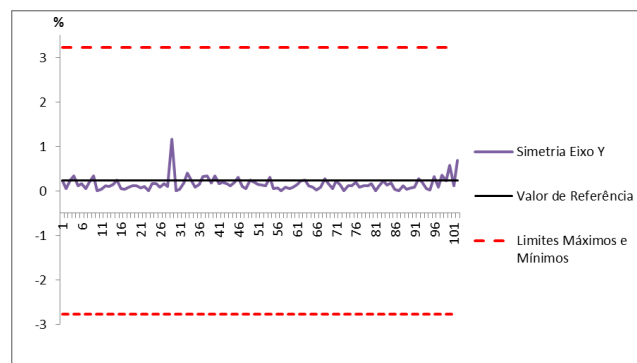


Figura 6. Dados da simetria para o eixo Y ao longo das 102 medidas. O valor de referência é indicado pela reta com linha contínua e os valores aceitos para variação estão indicados pela reta tracejada.

4. Discussão

Para os resultados de simetria e de planura, tanto do eixo X quanto do eixo Y, pode-se perceber, pelos dados e pelo gráfico apresentado, que as variações são sempre menores em relação às preconizadas pelas recomendações ($\pm 3\%$ e $\pm 2\%$, respectivamente).

Fazendo uma análise separada de cada um dos parâmetros, percebe-se que a planura para ambos os eixos segue um padrão uniforme de variação, tanto para variações para mais, quanto para menos, mostrando que eventuais pequenos desvios tendem a ser vistos em ambos os eixos, concomitantemente, sendo que o valor médio para o eixo Y é ligeiramente maior que para o eixo X.

Já os valores médios de simetria são bem próximos para ambos os eixos e suas variações para ambos os eixos também são bem uniformes, com exceção de um único ponto, para o eixo Y, que mostra um pico levemente mais acentuado, como é mostrado pela figura 4. Esse ponto levemente diferente dos demais pode ter surgido por um pequeno erro no processo de coleta de dados ou em sua análise, ou mesmo um pequeno erro no próprio acelerador linear, porém, é fundamental ser ressaltado que tal variação é considerada dentro do permitido pelos protocolos aceitos nacionalmente¹, já que ela se mostra por volta de 1% maior que o valor de referência.

5. Conclusões

Esse trabalho mostra a importância da análise de dados em longos períodos e com periodicidades maiores do que as recomendadas pelos protocolos utilizados¹, já que se consegue fazer um estudo detalhado do feixe do acelerador linear, mostrando seu comportamento e com previsões de eventuais falhas que podem vir a acontecer. Essa possibilidade, dentro de um serviço de radioterapia, torna-se interessante e valiosa, visto que a segurança da entrega de dose torna-se ainda maior para a equipe do serviço, levando a um tratamento mais seguro para o paciente.

Sendo assim, de acordo com a análise dos dados acima apresentada, comparando-os aos dados de referência e, com base nas variações permitidas nos protocolos aceitos nacionalmente¹, conclui-se que os valores de simetria e planura do acelerador linear Onco Impression, da marca Siemens, do Serviço de Radioterapia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP estão adequados para o uso clínico.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os colaboradores, aos residentes, aos médicos e aos físicos do Serviço de Radioterapia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP que de alguma forma possibilitaram e auxiliaram na realização desse trabalho.

Referências

1. Brasil. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer. TEC DOC - 1151: aspectos físicos da garantia da qualidade em radioterapia. Rio de Janeiro: INCA, 2000.
2. Podgorsak, E. B., Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students, 2005.
3. Khan, F.M., The Physics of Radiation Therapy, third edition, 2003.

Contato:

Humberto Antonio Soares Morelli
Av. Bandeirantes, 3900 – Monte Alegre, Ribeirão Preto – SP, Cep 14048-900.
E-mail: h.morelli@hotmail.com