

CARACTERIZAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO DETECTOR DE L-ALANINA PARA CONTROLE DE QUALIDADE DOS TRATAMENTOS DE SBRT COM A TÉCNICA DE VMAT

Sarah J. Mazaro¹, Leonardo P. da Silva¹, Oswaldo Baffa²

¹Instituto Nacional de Câncer José de Alencar Gomes da Silva – Rio de Janeiro, Brasil

²Departamento de Física – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil

INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento de novos equipamentos, bem como de técnicas mais complexas de irradiação e verificação de posicionamento do paciente, a radioterapia tem se tornado uma terapia mais sofisticada e precisa para tratamentos de câncer. Desses avanços tecnológicos podemos citar: radioterapia com feixes de intensidade modulada (IMRT), arcoterapia volumétrica com feixes de intensidade modulada (VMAT), radioterapia estereotáxica intracraniana (radiocirurgia); radioterapia estereotáxica extracraniana (SBRT), radioterapia guiada por imagem (IGRT). O número de frações em um tratamento com radioterapia externa (teleterapia) é, de aproximadamente 25, as quais na maioria das vezes são administradas uma vez ao dia. Com os desenvolvimentos tecnológicos citados anteriormente, novas modalidades de fracionamento, denominadas hipofracionamentos (1 a 5), permitem realizar um tratamento em um período menor, além de obter um controle local maior da doença¹.

A caracterização geométrica e dosimétrica dessas tecnologias, torna-se mais complexa, pois envolve uso de campos pequenos de irradiação, novos sistemas de colimação, bem como aquisição de imagens inter-fração e/ou intra-fração². Com o objetivo de uma melhor medição de carga e consequente cálculo de dose absoluta para essas condições de não referência, muitos detectores, de dimensões pequenas, estão sendo utilizados, como por exemplo: câmaras de ionização de volume pequenos, dosímetros termoluminescentes (TLD), filmes radiocrômicos, alanina, diodos, detectores de diamante, entre outros³. De acordo com alguns estudos prévios, as propriedades químicas e físicas da L-alanina tem apresentado características dosimétricas adequadas para utilizá-la como detector de radiação. Segundo o Organismo Internacional de Energia Atômica – OIEA, a L-alanina é uma opção de detector de radiação para dosimetria com feixes de alta taxa de dose e também para intercomparações entre detectores^{4,5}.

OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo avaliar a resposta do detector de L-alanina para diversas situações tais como: irradiações em arco (dependência angular), com variações das taxas de dose e dos campos pequenos, validando-a, por meio do teste end-to-end, para controle de qualidade dos tratamentos de SBRT de pulmão com a técnica de VMAT.

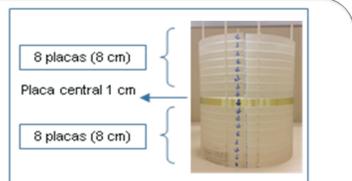
MATERIAIS E MÉTODOS

DOSÍMETROS

- Produzidos no Laboratório de Ressonância Magnética do Departamento de física da Universidade de São Paulo (DFM-USP-RP).
- Consiste de uma pressão mecânica em uma mistura de 90% de L-Alanina e 10% agente aglomerante de parafina.
- Formato cilíndrico, com 4mm de diâmetro, 10mm de altura, com massa de 150mg

AQUISIÇÃO DE DADOS

- Equipamento Trilogy™ (Varian Medical Systems)
- Sistema de planejamento Eclipse™ versão 8.6
- Feixe de fótons com energia nominal de 6MV
- Utilização do phantom de acrílico com nas irradiações



AVALIAÇÃO DA RESPOSTA DO DETECTOR L-ALANINA

Linearidade: 10 Exposições com Taxa de dose fixa em 400MU/min. Intervalo: 1-38Gy (mínima influência do ruído e intervalo de dose terapêutica nos caso de SBRT)

Dependência com Tamanho de Campo: 5 Exposições de 500MU com Taxa de Dose fixa em 400MU/min
Campos: 1x1, 2x2, 3x3

Dependência Angular: 10 Exposições com Gantry estático e 1 com Gantry dinâmico. Taxa de dose fixa em 400MU/min. Intervalo: 0°-360° com incrementos de 36°

Dependência com a Taxa de Dose: 5 Exposições de 500MU; Intervalo: 200-600 MU/min

Dependência Posicional: Taxa de dose: 400MU/min; 2 exposições de 500MU

A figura 1 ilustra os esquemas experimentais de irradiação utilizados para avaliação da resposta do detector:

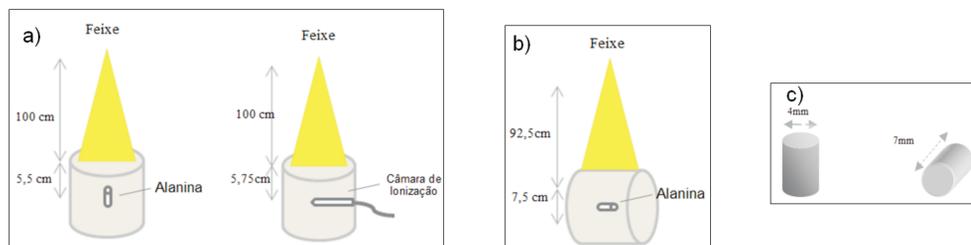


Figura 1. Esquemas experimentais utilizados para realização dos testes: a) linearidade da dose, dependência com os tamanhos de campo de irradiação, e com as taxas de dose; b) dependência angular; c) dependência posicional

IMPLEMENTAÇÃO DA L-ALANINA PARA CONTROLE DE QUALIDADE DOS TRATAMENTOS DE SBRT COM VMAT

Teste End to End

- Tomografia dos dois phantoms com detector de alanina centralizado (figura 2).
- Definição das estruturas no TPS
- Planejamentos de SBRT com arco modulado (VMAT) e dose de 18Gy
- Irradiações dos phantoms com as fluências dos tratamentos
- Comparação das doses do TPS e alanina

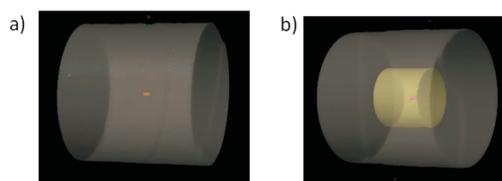


Figura 2. Phantoms cilíndricos com detector de alanina centralizado. A) Homogêneo (Acrílico); B) Heterogêneo (Acrílico + Cortiça)

Agradecimentos: Às agências de financiamento FAPESP, CNPq e CAPES, NAP-FisMed e INCA pelo apoio em diversas etapas desse projeto. Ao Lourenço Rocha, Carlos Renato da Silva, Carlos Aurélio de Oliveira, Sergio Bueno e Rafael de Barros pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS

- J.L. Meyer, IMRT, IGRT, SBRT: Advances in the treatment planning and delivery of radiotherapy. Karger, Basel; 2007.
- Das, Indra J., George X. Ding, and Anders Ahnesjö. "Small fields: nonequilibrium radiation dosimetry." *Medical physics* 35.1 (2008): 206-215.
- Walligorski, M. P. R. "What can solid state detectors do for clinical dosimetry in modern radiotherapy?" *Radiation protection dosimetry* 85.1-4 (1999): 361-366.
- P.H. Sharpe, K. Rajendran, and J.P. Sephton. "Progress towards an alanine/ESR therapy level reference dosimetry service at NPL." *Applied Radiation and Isotopes*, 47(11/12):1171-1175, 1996.
- S. Onori, F. Bortolin, A. Calicchia, A. Carosi, C. De Angelis, and S. Grande. "Use of commercial alanine and TL dosimeters for dosimetry inter-comparisons among Italian radiotherapy centres." *Radiat. Prot. Dos.*, 120(1-4):226-229, 2006
- Abrego, Felipe Chen, et al. "Relative output factor and beam profile measurements of small radiation fields with an L-Alanine/K-band EPR minidosimeter." *Medical physics* 34.5 (2007): 1573-1582.
- Ramirez, J. Vega, et al. "Tissue Interfaces Dosimetry in Small Field Radiotherapy with alanine/EPR minidosimeters and Monte Carlo-PENELOPE simulation." *ISSD 2014*.
- Baffa, Oswaldo, and Angela Kinoshita. "Clinical applications of alanine/electron spin resonance dosimetry." *Radiation and environmental biophysics* 53.2 (2014): 233-240.
- Yorke, Ellen, et al. "Diode in vivo dosimetry for patients receiving external beam radiation therapy." *Report of Task Group 62* (2005).
- Kadesjö, Nils. "Investigating diode detectors for in vivo dosimetry in intensity modulated radiation therapy." (2010).



Figura 3. Espectômetro de Ressonância Paramagnética Eletrônica (JEOL FA200 – Banda X) do DFM-USP-RP

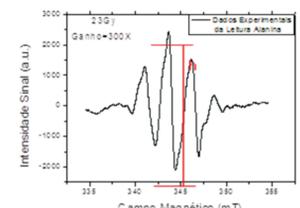


Figura 4. Sinal do primeiro harmônico (registro do espectro de EPR)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

AVALIAÇÃO DA RESPOSTA DO DETECTOR L-ALANINA

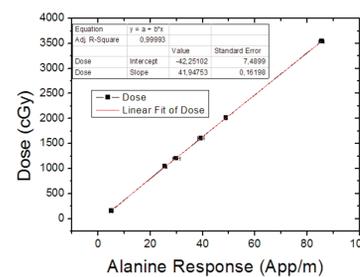


Gráfico 1. Curva de calibração dose-efeito para L-alanina. O eixo vertical mostra a intensidade do sinal de EPR obtida em banda K.

- O coeficiente de correlação de 0,9999 resultante do ajuste linear além de demonstrar a estabilidade da leitura dos dosímetros, demonstra que a amplitude do sinal resultante é uma função linear da dose.

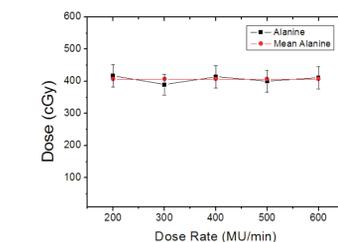


Gráfico 2. Dependência com a Taxa de Dose para uma dose de 399 cGy. A média das medidas realizadas com o dosímetro de alanina foi de aproximadamente 407 cGy.

- O desvio máximo obtido para os valores dos fatores calculados para taxa de dose, foi de 1,9% em relação à calibração e com a análise das duas metodologias propostas para dependência angular, obtivemos uma variação dentro do intervalo de -3% a 5% em relação à calibração³.

- Comparado com outros detectores (diodo, diamante, OSL e filme) esses valores, com relação aos dois fatores (taxa de dose e dependência angular), são baixos e estão em conformidade com a literatura^{9,10}.
- Além disso, mostram a importância de se determinar fatores de correção médios para essas grandezas, pois a técnica de VMAT irradia em arco e pode variar a taxa de dose durante a irradiação.

Tabela 5. Resposta da alanina nas duas diferentes configurações de incidência do feixe

	Alanina	App, massa
Em pé	12,88 ± 0,45	
Deitada	13,75 ± 0,41	

IMPLEMENTAÇÃO DA L-ALANINA PARA CONTROLE DE QUALIDADE DOS TRATAMENTOS DE SBRT COM VMAT

Tabela 7. Valores de doses medidas e calculadas nos diferentes phantoms

Phantom	Dose Medida (cGy)	Dose TPS (cGy)	Diferença %
Acrílico	1845 ± 81	1844,5 ± 22,8	-0,04
Cortiça	1962 ± 41	1926,2 ± 3,7	-1,9

- Os dados obtidos para as duas posições de irradiação do detector (em pé e deitado), apresentaram diferença máxima de 7%. Isto sugere a necessidade de um fator de correção da leitura para a alanina deitada, uma vez que a mesma foi calibrada na posição em pé.

- As doses calculadas pelo TPS não variam significativamente em relação às medidas experimentais para regiões homogêneas (phantom de acrílico – $\rho = 1,19 \text{ g/cm}^3$), em conformidade com outros trabalhos da literatura⁷ e diferem de 1,9% para regiões heterogêneas e de baixa densidade.

CONCLUSÕES

Sendo assim, podemos concluir que o detector L-alanina apresentou pequenas dependências com a taxa de dose e angular e significativa com a posição da alanina, para técnica de VMAT, enfatizando a necessidade de utilizar fatores de correção para essas grandezas. E obtivemos boa resposta para campos pequenos o que caracteriza uma vantagem deste detector para SBRT com a técnica de VMAT.