

## Estudo das Propriedades Físicas do Filtro Dinâmico

R. S. Souza<sup>1</sup>, S. C. Cardoso<sup>2</sup>, D.V.S. Batista<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Câncer (INCA/MS), Rio de Janeiro, Brasil

<sup>2</sup>Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN), Rio de Janeiro, Brasil

### Resumo

O presente trabalho apresenta uma caracterização das propriedades físicas do filtro dinâmico do acelerador linear Clinac 2300 CD da Varian Medical Systems, instalado no Instituto Nacional de Câncer (INCA), no Rio de Janeiro.

Foram medidos os “fatores filtro dinâmico” para as energias de 6 e 15 MV de fótons, em campos quadrados e retangulares, e comparados com os fatores fornecidos no manual do acelerador e utilizados pelo sistema de planejamento, estando os mesmos em excelente concordância. Também foram medidos os percentuais de dose profunda (PDP) para todos os filtros dinâmicos, posições IN e OUT, nas profundidades de máxima dose, 5 cm, 10 cm e 20 cm, para as energias de 6 e 15 MV de fótons. Observou-se que os “fatores filtro dinâmico” não variam com a profundidade e que os PDP’s para o campo aberto são os mesmos para os campos com filtro dinâmico. Os ângulos dos filtros dinâmicos também foram obtidos experimentalmente e comparados com os ângulos nominais do acelerador e do sistema de planejamento. Algumas discrepâncias foram encontradas.

Palavras chaves: Aceleradores Lineares, Filtros Dinâmicos, Controle de Qualidade em Radioterapia.

### Introdução

Em certos tratamentos de neoplasias malignas com radioterapia, é muitas vezes necessário interpor entre o feixe de radiação e o paciente, um filtro, que pode ser físico ou virtual. O filtro dinâmico é um filtro não físico que gera distribuições de dose com perfil assimétrico, moldadas pelo movimento de colimadores e ajuste da taxa de dose durante o tratamento. Este método é um caso especial da modulação dinâmica da intensidade de radiação.

A base da modalidade Filtro Dinâmico é a tabela de tratamento segmentada (Segmented Treatment Table – STT) que governa a posição dos colimadores em relação ao número de Unidades de Monitor executadas. A STT do filtro dinâmico especifica o movimento dos colimadores em passos iguais como função da dose fracional cumulativa; começando com o campo aberto e movimentando os colimadores até que fiquem na posição final fechados. As tabelas STT estão armazenadas no computador do acelerador para cada energia, tamanho de campo e ângulo do filtro disponíveis. Qualquer tamanho de campo contido dentro dos limites do movimento dos colimadores é possível, simétrico ou assimétrico.

Em geral, todo o tratamento com EDW da Varian começa com alguma parcela da dose sendo liberada com um campo aberto. Depois a fração restante da dose é liberada de acordo com o movimento do colimador. A fração exata da dose que é liberada com o campo aberto é uma função da energia, tamanho de campo e ângulo do filtro. Da mesma maneira, a relação entre a posição do colimador e a quantidade de dose liberada é função das mesmas variáveis. O número de Unidades de Monitor liberadas conforme o colimador se movimenta é continuamente ajustado para alcançar a distribuição de dose desejada. A taxa de dose e a velocidade do colimador são também variadas durante o tratamento, de maneira a permitir que o tratamento seja executado no menor tempo possível.

O objetivo do presente trabalho é caracterizar as principais propriedades físicas do filtro dinâmico em varredura através de determinações experimentais. Estas foram comparadas com cálculos feitos pelo sistema de planejamento de tratamento sob as mesmas condições.

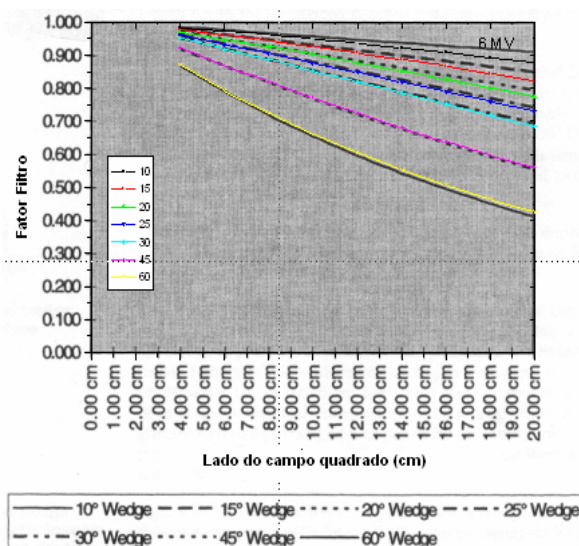
## Método

As medidas foram feitas no acelerador linear Clinac 2300CD da Varian Medical Systems (6 e 15 MV) instalado no INCA e foram utilizados uma câmara de ionização cilíndrica tipo farmer de 0,6 cm<sup>3</sup>, um fantoma de água 30 x 30 x 40 cm<sup>3</sup> e um eletrômetro Keithley modelo 35040.

Foram feitas três determinações: primeiramente, determinou-se o “fator filtro dinâmico” para campos quadrados e retangulares, verificando sua dependência com a energia do feixe, ângulo do filtro, tamanho de campo, profundidade e a influência da abertura dos colimadores X (direção não modulada) e Y. Em seguida, determinou-se o Percentual de Dose em Profundidade (PDP) para o campo 10 x 10 cm<sup>2</sup>, para todos os filtros em pelo menos quatro pontos (profundidades: de máxima dose, 5, 10 e 20 cm), para as energias de 6 e 15 MV, a fim de validar o cálculo do sistema de planejamento que assume que o PDP para o filtro dinâmico é o mesmo para o campo aberto. E, por fim, determinou-se o ângulo dos filtros dinâmicos (posições IN e OUT), a fim de verificar se o ângulo medido experimentalmente correspondia ao utilizado pelo sistema de planejamento.

## Resultados

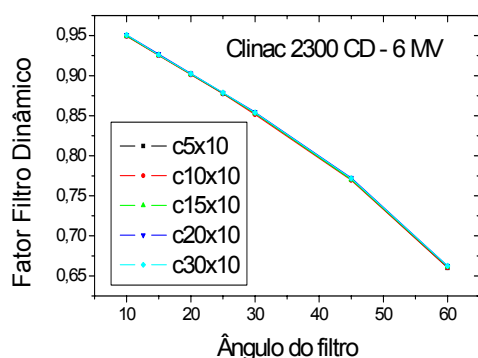
Os valores encontrados para o “fator filtro dinâmico” para as energias de 6 e 15 MV concordam bem com os valores típicos fornecidos pelo fabricante. A figura 1 mostra os resultados obtidos para a energia de 6 MV. Os ângulos medidos para os filtros dinâmicos diferem, na pior situação em até 4,8° do valor nominal fornecido pelo fabricante, porém não diferem consideravelmente dos valores utilizados pelo CAD PLAN, conforme mostrado na tabela 1.



6 MV			15 MV		
Ângulo Nominal	Ângulo CAD PLAN	Ângulo Medido	Ângulo Nominal	Ângulo CAD PLAN	Ângulo Medido
10° IN	8,2°	8,8°	10° IN	8,3°	5,9°
10° OUT		9,5°	10° OUT		12,3°
15° IN	12,2°	13,5°	15° IN	12,7°	10,8°
15° OUT		13,5°	15° OUT		16,7°
20° IN	16,5°	16,7°	20° IN	17,3°	14,6°
20° OUT		18,0°	20° OUT		20,6°
25° IN	21,1°	21,8°	25° IN	22,0°	19,8°
25° OUT		21,8°	25° OUT		25,6°
30° IN	25,2°	26,6°	30° IN	26,6°	25,6°
30° OUT		26,8°	30° OUT		30,2°
45° IN	39,6°	40,8°	45° IN	40,9°	39,8°
45° OUT		40,9°	45° OUT		43,5°
60° IN	55,7°	56,5°	60° IN	55,2°	56,3°
60° OUT		56,5°	60° OUT		57,8°

Figura 1 e tabela 1 – Gráfico comparativo entre os valores medidos e esperados para o “fator filtro dinâmico” na energia de 6 MV e a comparação entre os valores nominais dos ângulos do filtro dinâmico e os valores medidos para as energias de 6 e 15 MV, respectivamente.

A variação máxima do “fator filtro dinâmico” para o colimador X variando de 5 a 30 cm foi de 0,2%, conforme figura 2 e tabela 2. É mostrado, para o menor e o maior tamanhos de campo medidos na energia de 6 MV, que o PDP não varia com o ângulo do filtro dinâmico.



	6 MV					
	PDP medido		PDP CAD PLAN		PDP Filtro Físico CAD PLAN	
	5 cm	20 cm	5 cm	20 cm	5 cm	20 cm
Sem Filtro	87,2%	39,1%	87,0%	39,1%	87,3%	39,2%
10°	87,4%	39,2%	87,0%	39,1%		
15°	87,5%	39,2%	87,0%	39,1%	88,2%	40,2%
20°	87,4%	39,2%	87,0%	39,1%		
25°	87,4%	39,2%	87,0%	39,1%		
30°	87,4%	39,2%	87,0%	39,1%	88,3%	40,6%
45°	87,4%	39,2%	87,0%	39,1%	88,8%	41,4%
60°	87,3%	39,3%	87,0%	39,1%	89,6%	42,4%

Figura 2 e tabela 2 – “Fator filtro dinâmico” medido para campos retangulares e energia de 6 MV e comparação entre os valores de PDP adotados pelo sistema de planejamento CAD PLAN e os medidos para a energia de 6 MV, respectivamente.

## Discussão

Os valores encontrados para o “fator filtro dinâmico” para as energias de 6 MV e 15 MV concordam bem com os valores típicos fornecidos pelo fabricante.

Observou-se a concordância entre os valores para o “fator filtro dinâmico” obtidos experimentalmente e obtidos no sistema de planejamento, os quais são usados para o cálculo do tratamento dos pacientes.

Verificou-se que, a variação máxima do “fator filtro dinâmico” para o colimador X variando de 5 a 30 cm foi de 0,2%, levando a uma abordagem para o “fator filtro dinâmico” como independente da abertura do colimador X. O mesmo é somente dependente dos colimadores Y1 e Y2 que fazem a modulação.

A partir das determinações experimentais foi observado que o “fator filtro dinâmico” não varia com a profundidade, ou seja, não ocorrem os fenômenos de endurecimento ou suavização do feixe. Outra forma de verificação deste fato é a independência do PDP com o filtro dinâmico.

Constatou-se que, o PDP não varia com o ângulo do filtro dinâmico, ou seja, é possível considerar o mesmo PDP do campo aberto. Também é possível observar que é justificável o uso, pelo sistema de planejamento, de tabelas de PDP diferentes para o filtro físico e para o filtro dinâmico.

Verificou-se que, os ângulos medidos para os filtros dinâmicos diferem, na pior situação em até 4,8° do valor nominal fornecido pelo fabricante, porém não diferem consideravelmente dos valores utilizados pelo CAD PLAN.

A maior diferença entre os valores experimentais e os obtidos no CAD PLAN foi de 4° para alguns filtros na energia de 15 MV. Foram observadas também diferenças de até 6,4° entre os ângulos dos filtros na direção IN e OUT. Entretanto, para a maioria

dos filtros, os valores do CAD PLAN ficaram entre a média dos ângulos medidos nas direções IN e OUT.

### **Conclusões**

O “fator filtro dinâmico” independe da abertura do colimador X e não varia com a profundidade. Porém, depende da energia e é diferente para cada ângulo do filtro dinâmico e tamanho do lado Y do campo.

É possível atribuir, para o cálculo de tratamento com campos de irradiação que utilizem filtro dinâmico, o mesmo percentual de dose em profundidade que o utilizado para o campo aberto, sem filtro. Dessa maneira, fica validado o cálculo do sistema de planejamento CAD PLAN utilizado na instituição.

A diferença observada entre os ângulos obtidos experimentalmente e os obtidos no CAD PLAN indica que o acelerador linear necessita de um pequeno ajuste para os filtros dinâmicos na energia de 15 MV. Não foram observadas na literatura recomendações para diferenças máximas admissíveis entre os ângulos experimentais e os utilizados no cálculo. Entretanto, diferenças da ordem de 5° não são interessantes, pois são da ordem de grandeza da diferença entre os ângulos dos filtros.

No entanto, é importante salientar que uma diferença em graus do ângulo não repercute linearmente em uma diferença em dose. E que, a diferença encontrada entre o ângulo nominal e o medido não interfere no resultado do tratamento, pois o sistema de planejamento utiliza como base de cálculo a mesma tabela (STT) que o acelerador utiliza para o cálculo da taxa de dose e velocidade de varredura para a produção do perfil de dose filtrado.

Um outro ponto a destacar foi que o ângulo do filtro obtido no CAD PLAN para a maioria dos filtros de 15 MV ficou entre a média dos ângulos medidos nas direções IN e OUT. Como os filtros são usados muitas vezes em tratamentos pela técnica de par oposito (filtro IN em um lado do paciente e OUT no outro lado), o resultado efetivo do tratamento aproxima-se muito do simulado pelo sistema de planejamento.

### **Referências**

- [1] C-Series Clinac – Enhanced Dynamic Wedge Implementation Guide (1996).
- [2] A. M. Bidmead, A. J. Garton and P. J. Childs, 1995, Beam Data Measurements for Dynamic Wedges on Varian 600C (6-MV) and 2100C (6 and 10 MV) Linear Accelerator, Phys. Med. Biol. 40, 393-411.

### **Abstract**

This work presents a characterization of physical properties of enhanced dynamic wedge of a linear accelerator Clinac 2300 CD of the Varian Medical Systems installed in National Cancer Institute in Rio de Janeiro city.

Were measured the dynamic wedge factors for the 6 and 15 MV photon energies in square and rectangular fields and compared with factors provided by accelerators manual and used by treatment planning system. The agreement between experimental and calculated factors was satisfactory.

The PDD's were also measured for both IN and OUT positions (in deep of maximum doses, 5 cm, 10 cm and 20 cm) for the 6 and 15 MV photon energies. Were noticed that the dynamic wedge factors not vary with deep and the PDD's for the opened field are the same for the wedged fields.

At last, enhanced dynamic wedges angles were measured and compared with nominal angles of accelerator and treatment planning system. Some disagreements were noticed.