

## 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 em Profundidade (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.

Por último, foram medidos os ângulos dos filtros dinâmicos e comparados com os ângulos nominais do acelerador e do sistema de planejamento, onde foram relatadas algumas discrepâncias.

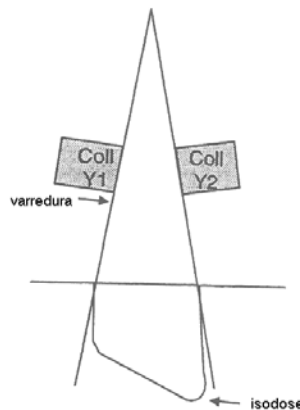
## INTRODUÇÃO

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, e que tem a função de compensar a falta de tecido, ajustar as curvas de isodose ou melhorar o gradiente de dose dentro do tecido irradiado.

O filtro físico é um modificador de feixe externo usado para criar o perfil assimétrico de dose, constituído de uma cunha metálica com determinado ângulo conhecido. O uso de filtros físicos é um método bem estabelecido para otimizar distribuições de dose em Radioterapia.

O filtro dinâmico é um filtro não físico que gera distribuições de dose com perfil oblíquo, moldadas pelo movimento de colimadores e ajuste da taxa de dose durante o tratamento (figura 1). Este método é um caso especial da modulação dinâmica da intensidade de radiação.

FIGURA 1 – Demonstração da ação do movimento do colimador



Fonte: *C-Series Clinac – Enhanced Dynamic Wedge Implementation Guide, January 1996, p.2-1.*

Kijewski et al <sup>1</sup>, em 1978, foram os primeiros a propor a idéia do uso de colimadores dinâmicos para gerar distribuições de dose equivalentes às produzidas por filtros físicos colocados em campos estáticos, entretanto, não foi possível o uso desta técnica até o advento de modernos aceleradores lineares controlados por computador.

Uma das vantagens oferecidas pelos modernos aceleradores lineares controlados por computador é a capacidade de variar dinamicamente a posição dos colimadores durante o tratamento. Nos anos 90 a Varian introduziu a opção do filtro dinâmico (Dynamic Wedge – DW) em seus aceleradores controlados por computador. Desde então, a sua implementação clínica tem sido discutida por uma série de pesquisadores <sup>2-5</sup>.

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.

Desde 1996 a Varian tem implementado a modalidade Filtro Dinâmico em Varredura (Enhanced Dynamic Wedge – EDW) em seus aceleradores. A vantagem do EDW para o DW é que o primeiro usa somente uma única tabela de tratamento segmentada, a “Golden Segmented Treatment Table” - GSTT, que simplifica a sua implementação.

O EDW é baseado no conceito de um filtro universal em que uma distribuição de dose de um campo filtrado pode ser produzida por uma combinação linear de distribuições de um campo aberto e um campo filtrado máximo, como por exemplo, o filtro de 60<sup>0</sup>. Essa aproximação

reduziu drasticamente o número de dados armazenados para o EDW e aumentou a versatilidade de sua performance. Qualquer tamanho de campo contido dentro dos limites do movimento dos colimadores é possível, simétrico ou assimétrico.

Em geral, todo o tratamento com EDW começa com alguma parcela da dose sendo liberada com um campo aberto. Depois a fração apropriada 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.

As capacidades do EDW são <sup>6</sup>:

- Usados em campos simétricos e assimétricos;
- Ângulos nominais do filtro disponíveis: 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 45° e 60°;
- Tamanhos de campo até 30 cm de largura;
- O movimento do colimador durante o tratamento é mostrado em tempo real na tela do computador.

As vantagens do filtro dinâmico em relação ao filtro físico são:

- Potencial diminuição do tempo de tratamento, pois não existe absorvedor de feixe;
- Não há necessidade da colocação física do filtro, tornando o procedimento mais rápido, fácil, seguro e menos cansativo para o técnico;
- Menor dose na periferia do campo;

- Campos maiores;
- Não há o “endurecimento” do feixe tornando o cálculo de dose mais acurado.

As desvantagens do filtro dinâmico em relação ao filtro físico são:

- Não é capaz de executar UMs muito pequenas devido aos limites operacionais de velocidade do colimador e taxa de dose;
- Requer um controle de qualidade mais intenso e demorado;
- Não pode ser usado em outros tratamentos dinâmicos, como o rotatório.

Tanto para o DW quanto para o EDW existem problemas na determinação do fator filtro.

Em ambos os casos, o fator filtro depende fortemente do tamanho de campo, necessitando sua determinação para um grande número destes<sup>7</sup>, visto que é necessária a verificação manual dos cálculos de dose do sistema de planejamento de tratamento.

Os testes e os procedimentos do conjunto acelerador - sistema de planejamento necessários para a implementação do filtro dinâmico não estão padronizados. Existe, portanto, a necessidade de se fazer um estudo detalhado a fim de se estabelecer um conjunto de parâmetros físicos a ser determinados antes da implementação clínica do filtro dinâmico.

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.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As medidas foram realizadas para as energias de fótons de 6 e 15 MV no acelerador linear de elétrons Clinac 2300CD, da Varian Medical Systems, número de série 209, instalado no INCa (figura 2).

FIGURA 2 – Montagem experimental: acelerador linear, fantoma e câmara de ionização.



Os instrumentos utilizados nas medições foram duas câmaras de ionização cilíndricas tipo farmer de  $0,6 \text{ cm}^3$ , uma da Wellhöffer Dosimetrie, modelo IC-70, número de série 205 (figura 3) e outra da PTW, modelo TN30013, número de série 0490, um fantoma de água  $30 \times 30 \times 40 \text{ cm}^3$  com posicionador manual com precisão de 0,1 mm (figura 4), e um eletrômetro Keithley 35040, número de série 86600 (figura 3).

FIGURA 3 – Conjunto dosimétrico: câmara de ionização e eletrômetro.



FIGURA 4 – Fantoma e suporte com posicionador manual para câmara de ionização.



A caracterização das propriedades físicas do filtro dinâmico em varredura foi feita através das seguintes etapas:

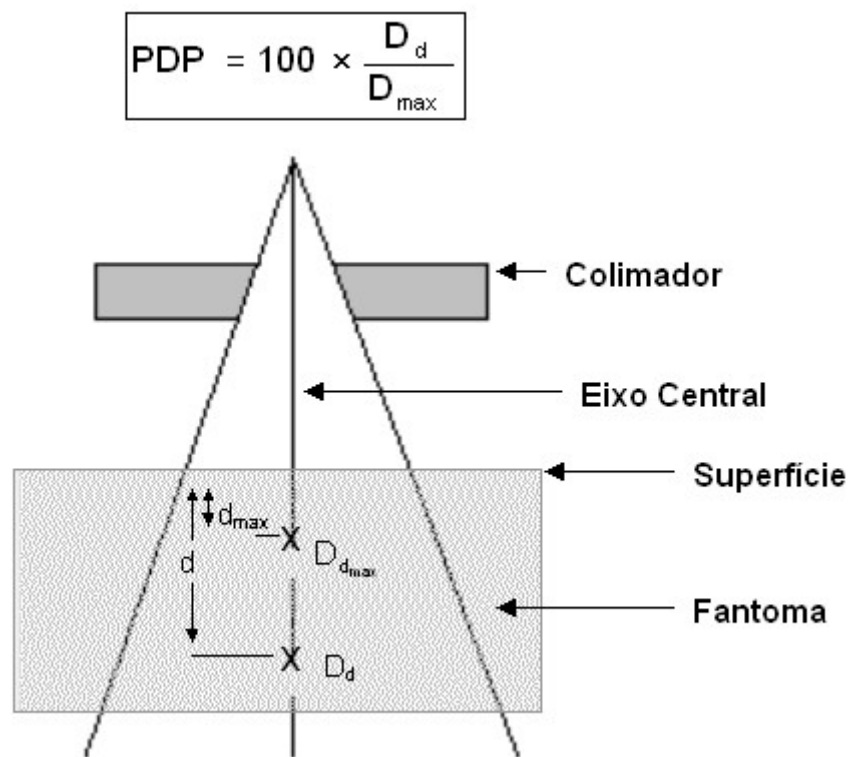
- Determinação do fator filtro dinâmico para campos quadrados e retangulares, verificando sua dependência com a energia do feixe, ângulo do filtro, tamanho de campo e a influência da abertura dos colimadores X (direção não modulada) e Y. Mediu-se, primeiramente o campo aberto e em seguida com o filtro nas posições IN e OUT para o mesmo tamanho de campo. Calculou-se o fator filtro dinâmico da mesma forma que se calcula o fator filtro físico: dividindo-se a média das leituras obtidas com filtro nas posições IN e OUT pela leitura obtida com o campo aberto. O posicionamento da câmara de ionização em relação ao filtro é demonstrado na figura 5.

FIGURA 5 – Demonstração do posicionamento da câmara de ionização em relação ao filtro.



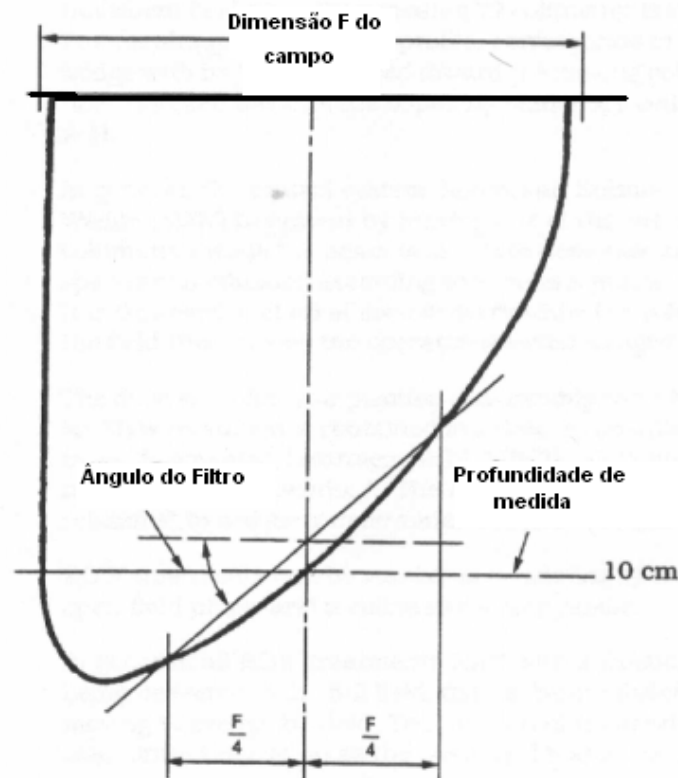
- Determinação do Percentual de Dose em Profundidade (PDP) para o campo  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ , para todos os filtros em pelo menos quatro pontos (profundidades: de máxima dose, 5, 10 e 20 cm), para as energias de 6 e 15 MV, a fim de validar o cálculo do sistema de planejamento que assume que o PDP para o filtro dinâmico é o mesmo para o campo aberto. Para a determinação do PDP nas profundidades de 5, 10 e 20 cm, procedeu-se da mesma forma que para campos sem filtro: dividindo-se a leitura com filtro nas profundidades de 5, 10 e 20 cm pela leitura com filtro na profundidade de máxima dose da energia em que se estava medindo (figura 6)<sup>8</sup>. Repetiu-se o procedimento para cada filtro.

FIGURA 6 – Esquema da determinação do Percentual de Dose em Profundidade (PDP).



- Determinação do ângulo dos filtros dinâmicos (posições IN e OUT)<sup>9</sup>, a fim de verificar se o ângulo medido experimentalmente corresponde ao utilizado pelo sistema de planejamento. Fez-se três leituras a 10 cm de profundidade no eixo central e tirou-se a média. Esta, sendo a leitura de referência. Em seguida moveu-se a câmara para +2,5 cm em relação ao eixo central do feixe (direção do gradiente do filtro) e subiu-se ou desceu-se a mesma na água até que se encontrasse a leitura de referência. Anotou-se a profundidade. O mesmo foi feito para -2,5 cm em relação ao eixo central do feixe. O ângulo do filtro corresponde ao ângulo entre a horizontal e a reta que une as posições finais das duas medidas fora do eixo central (figura 7). Esse procedimento foi repetido para todos os ângulos de filtro dinâmico, nas posições IN e OUT.

FIGURA 7 – Determinação do ângulo do filtro dinâmico.



Fonte: C-Series Clinac – Enhanced Dynamic Wedge Implementation Guide, January 1996, p.3-5.

As leituras foram feitas com o gantry e o colimador do acelerador a  $0^\circ$  de angulação, utilizando-se 50 unidades de monitor a uma taxa de dose de 400 UM/min. A voltagem do eletrômetro foi de  $-300\text{V}$  e a unidade das leituras em nC.

## RESULTADOS

A seguir são apresentados os valores esperados fornecidos pelo fabricante do acelerador em seu manual e os resultados obtidos experimentalmente para a determinação do “fator filtro dinâmico” para campos quadrados.

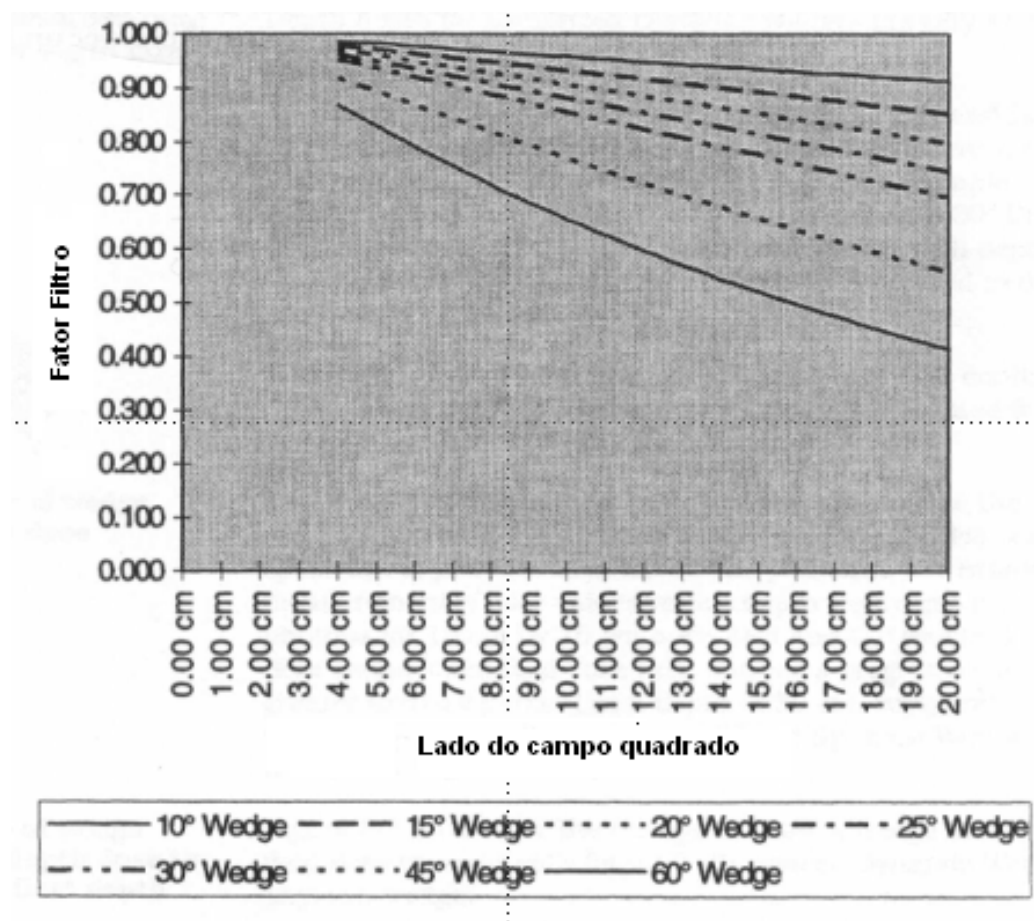


FIGURA 8 – Gráfico “fator filtro dinâmico” x lado do campo quadrado fornecido pelo fabricante em seu manual para a energia de 6 MV.

Fonte: C-Series Clinac – Enhanced Dynamic Wedge Implementation Guide, 1996, p. 5-19

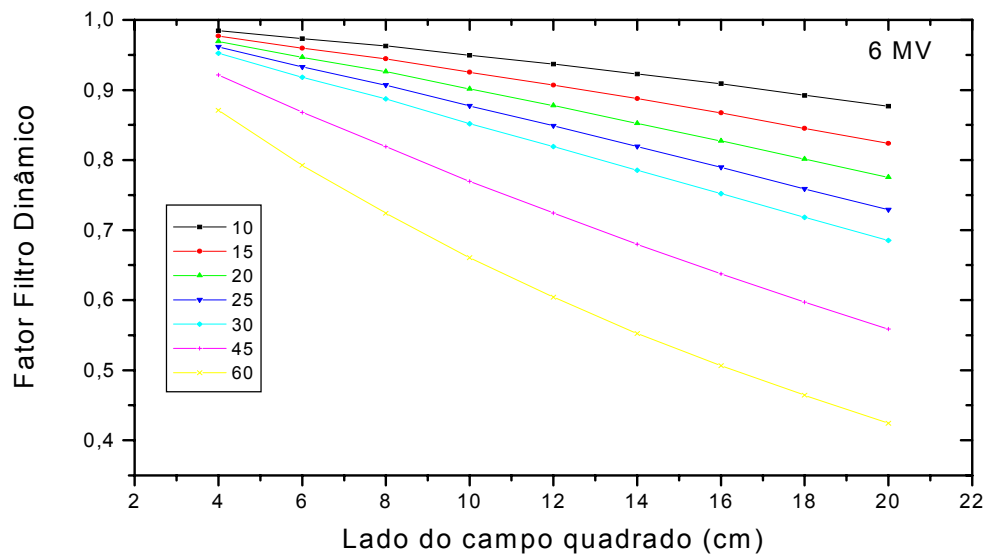


FIGURA 9 – “Fator filtro dinâmico” medido para campos quadrados e energia de 6 MV

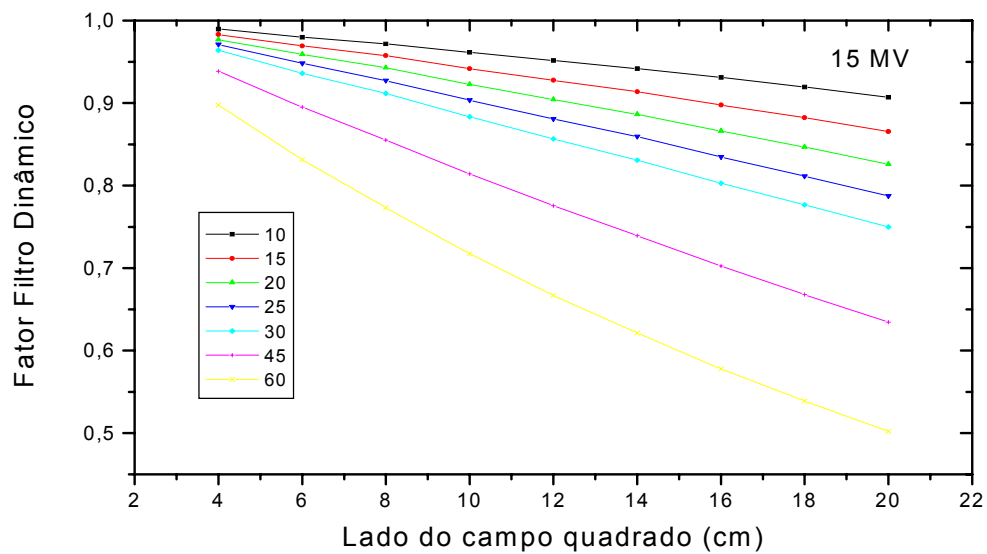


FIGURA 10 – “Fator filtro dinâmico” medido para campos quadrados e energia de 15 MV

Abaixo segue uma montagem do gráfico fornecido pelo fabricante e do gráfico obtido experimentalmente.

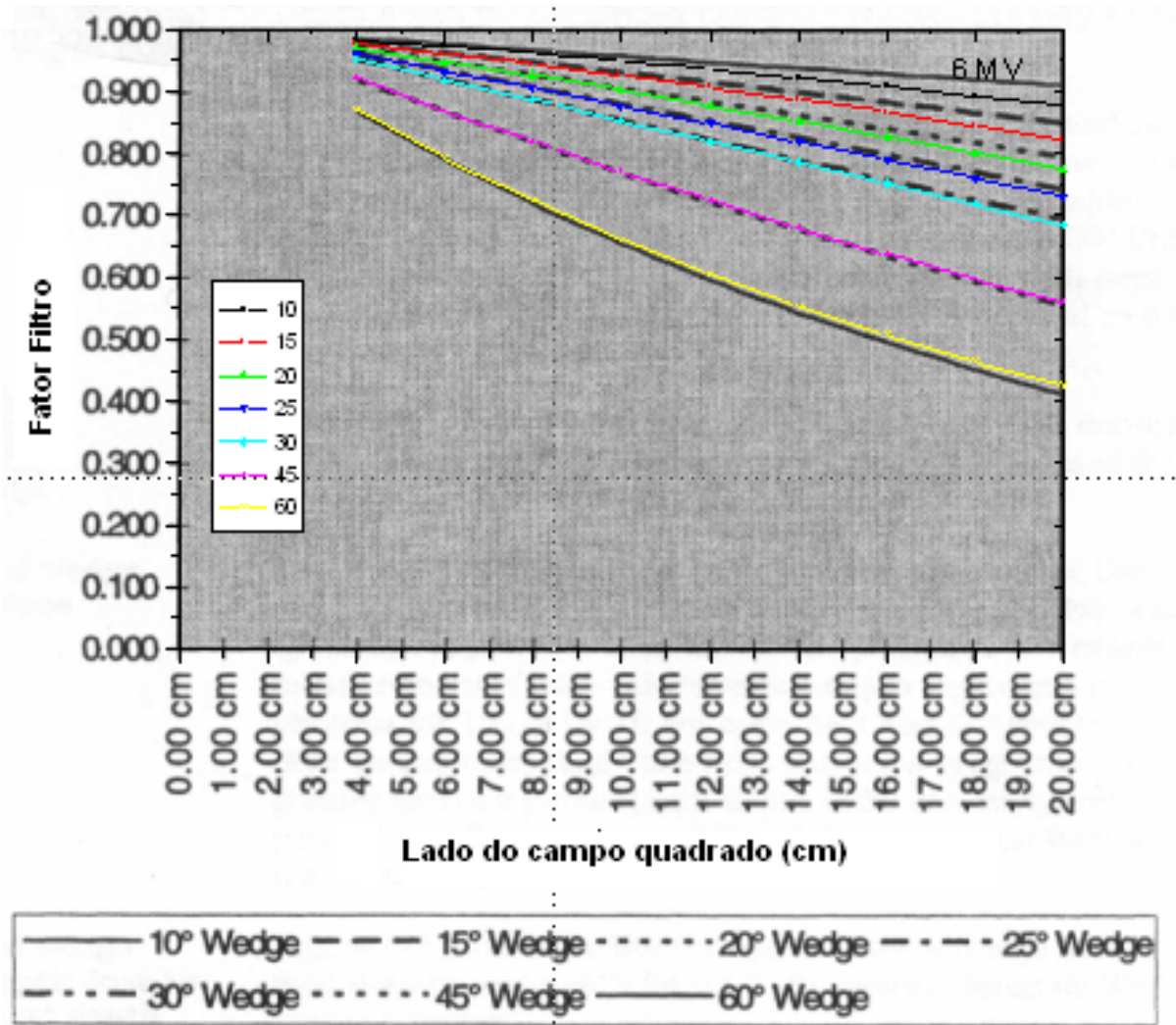


FIGURA 11– Gráfico comparativo entre os valores medidos (em cores) e os valores típicos para o “fator filtro dinâmico” na energia de 6 MV

A seguir são apresentados os resultados obtidos experimentalmente para a determinação do “fator filtro dinâmico” para campos retangulares, variando-se o campo na direção de não-gradiente do filtro (colimador X) e mantendo-se o colimador Y = 10 cm.

Tabela 1 – Valores obtidos para o “fator filtro dinâmico” para a energia de 6 MV em campos retangulares.

<b>Fator Filtro Dinâmico x Colimador X - 6 MV</b>							
Colimador X (cm)	EDW 10	EDW 15	EDW 20	EDW 25	EDW 30	EDW 45	EDW 60
5	0,96261	0,94312	0,92439	0,905	0,88486	0,81517	0,71748
10	0,96136	0,94184	0,92258	0,90347	0,88342	0,81433	0,71723
15	0,96162	0,94229	0,92351	0,90402	0,88393	0,81522	0,71721
20	0,96192	0,94312	0,92385	0,90438	0,88385	0,81488	0,71749
30	0,96214	0,94351	0,92443	0,90464	0,88411	0,8155	0,71794

Tabela 2 – Valores obtidos para o “fator filtro dinâmico” para a energia de 15 MV em campos retangulares.

<b>Fator Filtro Dinâmico x Colimador X - 15 MV</b>							
Colimador X (cm)	EDW 10	EDW 15	EDW 20	EDW 25	EDW 30	EDW 45	EDW 60
5	0,94991	0,92587	0,9019	0,87781	0,85326	0,77071	0,66034
10	0,94934	0,92533	0,9013	0,87741	0,85159	0,76945	0,6606
15	0,9499	0,92606	0,90191	0,87791	0,85326	0,77054	0,66166
20	0,9509	0,92681	0,90287	0,87863	0,8544	0,77248	0,66247
30	0,95097	0,92622	0,90254	0,87874	0,85415	0,77188	0,66261

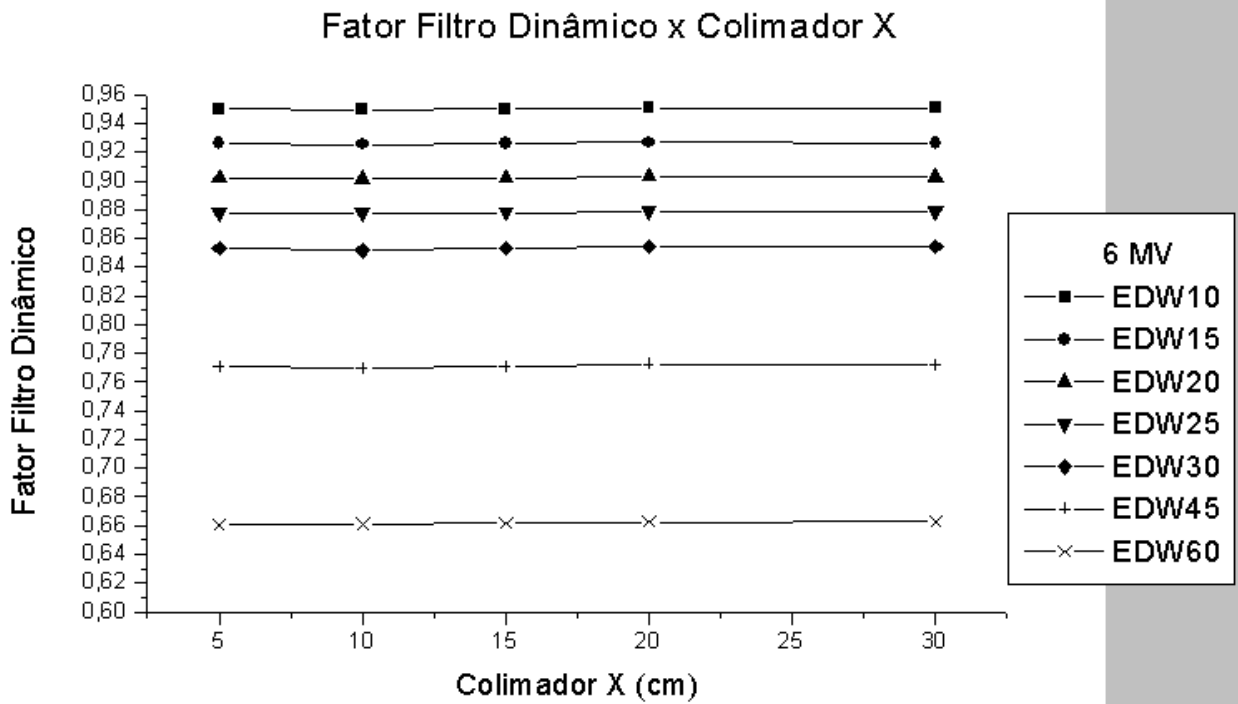


FIGURA 12 – “Fator filtro dinâmico” medido para campos retangulares e energia de 6 MV.

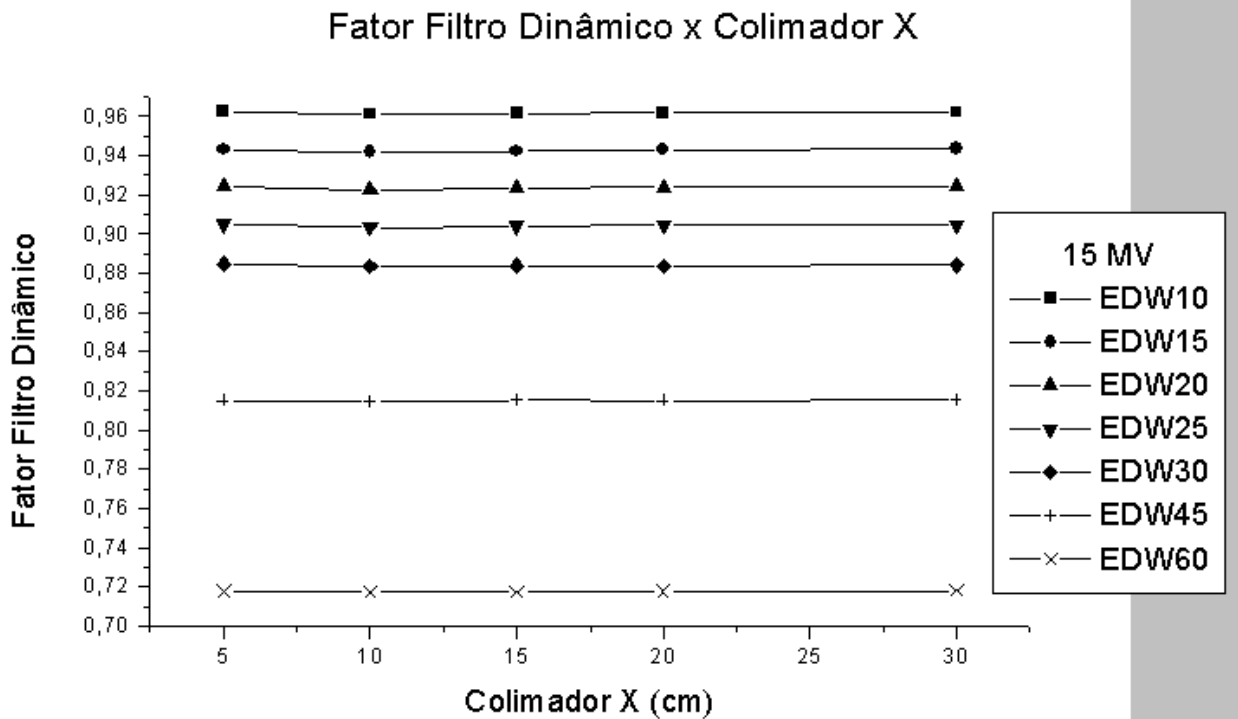


FIGURA 13 – “Fator filtro dinâmico” medido para campos retangulares e energia de 15 MV.

A seguir seguem tabelas comparativas entre os valores medidos para o “fatores filtro dinâmico” e os obtidos no sistema de planejamento CAD PLAN para o campo 10 x 10 cm<sup>2</sup> e para as energias de 6 e 15 MV.

Tabela 3 – Comparação dos valores medidos experimentalmente e obtidos no CAD PLAN para o “fator filtro dinâmico” para a energia de 6 MV e campo 10 x 10 cm<sup>2</sup>.

Fator Filtro Dinâmico 6 MV			
Ângulo	Medido	CAD PLAN	Diferença %
10°	0,9493	0,9515	0,23
15°	0,9253	0,9268	0,16
20°	0,9013	0,9017	0,04
25°	0,8774	0,8772	0,02
30°	0,8516	0,8518	0,02
45°	0,7695	0,7675	0,25
60°	0,6606	0,6553	0,80

Tabela 4 – Comparação dos valores medidos experimentalmente e obtidos no CAD PLAN para o “fator filtro dinâmico” para a energia de 15 MV e campo 10 x 10 cm<sup>2</sup>.

Fator Filtro Dinâmico 15 MV			
Ângulo	Medido	CAD PLAN	Diferença %
10°	0,9614	0,9584	0,31
15°	0,9418	0,9389	0,31
20°	0,9226	0,9194	0,34
25°	0,9035	0,8999	0,39
30°	0,8834	0,8790	0,50
45°	0,8143	0,8093	0,62
60°	0,7172	0,7111	0,86

A seguir seguem as tabelas com a determinação do “fator filtro dinâmico” para o campo 10 x 10 cm<sup>2</sup> em várias profundidades para as energias de 6 e 15 MV.

Tabela 5 – Fator filtro dinâmico para o campo 10 x 10 cm<sup>2</sup> e energia de 6 MV em várias profundidades.

ENERGIA = 6 MV								
FILTRO	Profundidade: 1,5 cm		Profundidade: 5 cm		Profundidade: 10 cm		Profundidade: 20 cm	
	Leitura Média (nC)	Fator Filtro	Leitura Média (nC)	Fator Filtro	Leitura Média (nC)	Fator Filtro	Leitura Média (nC)	Fator Filtro
S/Filtro	9,505	-	8,283	-	6,420	-	3,717	-
10° IN	9,027	0,950	7,884	0,953	6,102	0,951	3,537	0,952
10° OUT	9,034		7,901		6,114		3,537	
15° IN	8,794	0,925	7,684	0,929	5,947	0,927	3,446	0,928
15° OUT	8,796		7,702		5,960		3,451	
20° IN	8,563	0,902	7,482	0,905	5,797	0,904	3,363	0,905
20° OUT	8,583		7,502		5,807		3,361	
25° IN	8,336	0,878	7,285	0,881	5,637	0,879	3,268	0,880
25° OUT	8,360		7,302		5,652		3,273	
30° IN	8,094	0,853	7,077	0,856	5,481	0,855	3,178	0,856
30° OUT	8,122		7,096		5,492		3,182	
45° IN	7,299	0,770	6,384	0,773	4,943	0,772	2,874	0,773
45° OUT	7,343		6,415		4,974		2,870	
60° IN	6,248	0,660	5,453	0,662	4,231	0,662	2,465	0,663
60° OUT	6,306		5,511		4,265		2,467	

Tabela 6 – Fator filtro dinâmico para o campo 10 x 10 cm<sup>2</sup> e energia de 15 MV em várias profundidades.

ENERGIA = 15 MV								
FILTRO	Profundidade: 3,0 cm		Profundidade: 5 cm		Profundidade: 10 cm		Profundidade: 20 cm	
	Leitura Média (nC)	Fator Filtro	Leitura Média (nC)	Fator Filtro	Leitura Média (nC)	Fator Filtro	Leitura Média (nC)	Fator Filtro
S/Filtro	9,040	-	8,624	-	7,031	-	4,562	-
10° IN	8,736	0,967	8,306	0,964	6,766	0,962	4,394	0,963
10° OUT	8,744		8,323		6,760		4,395	
15° IN	8,562	0,947	8,145	0,946	6,629	0,943	4,307	0,944
15° OUT	8,569		8,163		6,628		4,305	
20° IN	8,387	0,928	7,980	0,925	6,488	0,923	4,219	0,925
20° OUT	8,396		7,982		6,491		4,217	
25° IN	8,212	0,908	7,811	0,906	6,356	0,904	4,130	0,905
25° OUT	8,207		7,823		6,356		4,126	
30° IN	8,026	0,888	7,634	0,886	6,209	0,884	4,039	0,885
30° OUT	8,027		7,642		6,222		4,036	
45° IN	7,387	0,818	7,038	0,817	5,727	0,815	3,725	0,816
45° OUT	7,408		7,050		5,726		3,721	
60° IN	6,510	0,720	6,193	0,720	5,035	0,717	3,282	0,718
60° OUT	6,500		6,218		5,050		3,273	

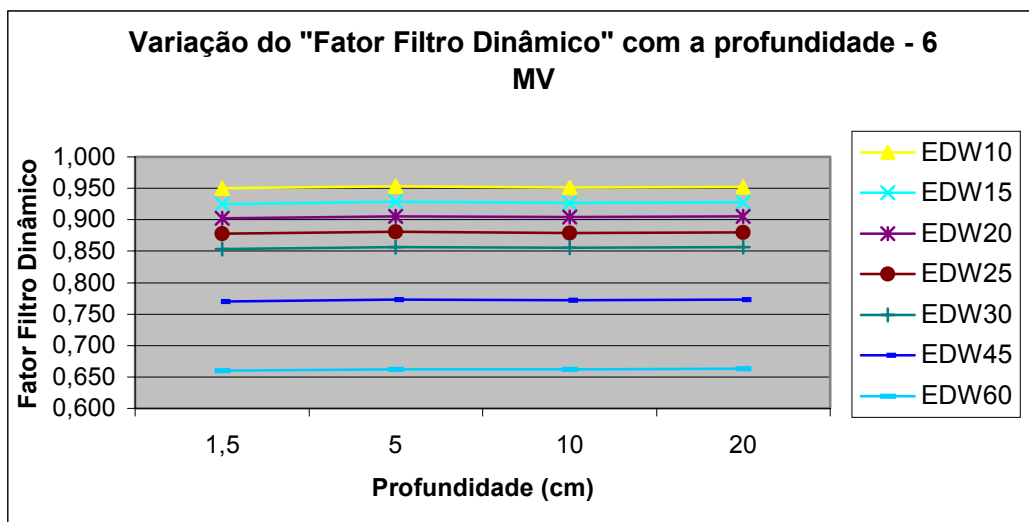


FIGURA 14 – Variação do “fator filtro dinâmico” com a profundidade – 6 MV

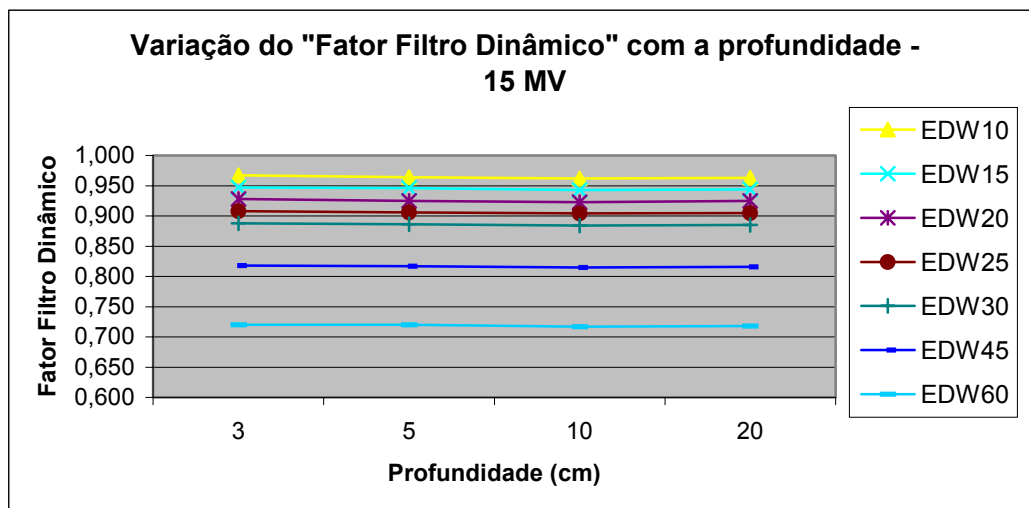


FIGURA 15 – Variação do “fator filtro dinâmico” com a profundidade – 15 MV

A seguir seguem as tabelas comparativas entre os valores de PDP adotados pelo sistema de planejamento CAD PLAN e os obtidos experimentalmente para as energias de 6 e 15 MV.

Tabela 7 – Comparação entre os valores de PDP adotados pelo sistema de planejamento CAD PLAN e os medidos para a energia de 6 MV.

	6 MV								
	PDP medido			PDP CAD PLAN			PDP Filtro Físico CAD PLAN		
	5 cm	10 cm	20 cm	5 cm	10 cm	20 cm	5 cm	10 cm	20 cm
Sem Filtro	87,2%	67,6%	39,1%	87,0%	67,4%	39,1%	87,3%	67,8%	39,2%
10°	87,4%	67,7%	39,2%	87,0%	67,4%	39,1%			
15°	87,5%	67,7%	39,2%	87,0%	67,4%	39,1%	88,2%	68,9%	40,2%
20°	87,4%	67,7%	39,2%	87,0%	67,4%	39,1%			
25°	87,4%	67,6%	39,2%	87,0%	67,4%	39,1%			
30°	87,4%	67,7%	39,2%	87,0%	67,4%	39,1%	88,3%	68,8%	40,6%
45°	87,4%	67,7%	39,2%	87,0%	67,4%	39,1%	88,8%	69,7%	41,4%
60°	87,3%	67,7%	39,3%	87,0%	67,4%	39,1%	89,6%	70,5%	42,4%

Tabela 8 – Comparação entre os valores de PDP adotados pelo sistema de planejamento CAD PLAN e os medidos para a energia de 15 MV.

	<b>15 MV</b>								
	PDP medido			PDP CAD PLAN			PDP Filtro Físico CAD PLAN		
	5 cm	10 cm	20 cm	5 cm	10 cm	20 cm	5 cm	10 cm	20 cm
Sem Filtro	95,4%	77,8%	50,5%	95,5%	77,7%	50,3%	95,6%	77,9%	50,5%
10°	95,1%	77,4%	50,3%	95,5%	77,7%	50,3%			
15°	95,3%	77,4%	50,3%	95,5%	77,7%	50,3%	95,6%	78,1%	50,9%
20°	95,1%	77,3%	50,3%	95,5%	77,7%	50,3%			
25°	95,2%	77,4%	50,3%	95,5%	77,7%	50,3%			
30°	95,2%	77,4%	50,3%	95,5%	77,7%	50,3%	96,0%	78,4%	51,2%
45°	95,2%	77,4%	50,3%	95,5%	77,7%	50,3%	95,5%	78,0%	50,7%
60°	95,4%	77,6%	50,4%	95,5%	77,7%	50,3%	95,3%	77,9%	50,9%

Abaixo segue tabela comparativa entre os valores dos ângulos do filtro dinâmico obtidos no sistema de planejamento CAD PLAN e experimentalmente para as energias de 6 e 15 MV.

Tabela 9 – Comparação entre os valores nominais dos ângulos do filtro dinâmico e os valores medidos para as energias de 6 e 15 MV.

Ângulo Nominal	<b>6 MV</b>		<b>15 MV</b>		
	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°

As incertezas não foram avaliadas profundamente, mas certamente são pequenas devido à precisão dos equipamentos (0,1 mm para o posicionador mecânico e 0,001 nC para o eletrômetro) e à estabilidade do acelerador linear (reprodutibilidade das leituras dentro de um desvio padrão menor que 1 %).

## DISCUSSÃO

Os valores encontrados para o “fator filtro dinâmico” para a energia de 6 MV concordam bem com os valores típicos fornecidos pelo fabricante, o que pode ser observado na figura 11 e na tabela 3. Para a energia de 15 MV, o manual do fabricante não fornece o gráfico, porém é possível observar, através da tabela 4 a concordância dos valores, também para essa energia.

Das tabelas 3 e 4 é possível observar a concordância entre os valores para o “fator filtro dinâmico” obtidos experimentalmente obtidos no sistema de planejamento, os quais são usados para o cálculo do tratamento dos pacientes.

Das figuras 12 e 13 e tabelas 1 e 2, é possível verificar 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.

Das tabelas 5 e 6 e das figuras 14 e 15, é possível observar 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.

Das tabelas 7 e 8, pode-se verificar 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.

Da tabela 9 é possível verificar que, os ângulos medidos para os filtros dinâmicos diferem, na pior situação em até  $4,8^\circ$  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  $4^\circ$  para alguns filtros na energia de 15 MV. Foram observadas também diferenças de até  $6,4^\circ$  entre os ângulos dos filtros na direção IN e OUT. Entretanto, para a maioria dos filtros, os valores do CAD PLAN ficaram entre os ângulos na direção IN e na direção OUT.

## CONCLUSÃO

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 os ângulos nas direções IN e OUT. Como os filtros são usados

muitas vezes em tratamentos pela técnica de par oposto (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.

Com os dados obtidos no presente trabalho, foi possível criar-se, através de interpolações, uma tabela de “fatores filtro dinâmico” para os campos simétricos nos colimadores Y para utilização no cálculo manual do planejamento dos tratamentos que envolvam a utilização do filtro dinâmico (anexo 1). A referida tabela já está sendo utilizada na rotina do serviço de Física Médica do Instituto Nacional de Câncer.

Como sugestão para a continuidade do trabalho, outros parâmetros físicos do filtro dinâmico ainda precisam ser determinados experimentalmente, como o perfil de dose para os campos quadrados, para todos os filtros e a determinação do fator filtro dinâmico para campos assimétricos mais utilizados nos tratamentos. Como exemplo, podemos citar os campos assimétricos utilizados no tratamento de neoplasias de mama, que ainda não foram determinados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. P. .K. Kijewski, L. M. Chin and B. E. Bjarngard, Wedge Shaped Dose Distribution by Computer-Controlled Collimator Motion. *Med. Phys.* 5, 426-429 (1978).
2. D. D. Leavitt, M. Martin, J. H. Moeller and W. L. Lee, Dynamic Wedge Field Techniques through Computer-Controlled Collimator Motion, *Med. Phys.* 17, 87-91 (1990).
3. E. Klein, D. Low, A. Meigooni and J. Purdy, Dosimetry and Clinical Implementation of Dynamic Wedge, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 31, 583-592 (1995).
4. A. M. Bidmead, A. J. Garton and P. J. Childs, 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 (1995).
5. C. Liu, T. C. Zhu and J. R. Palta, Characterizing Output for Dynamic Wedges, *Med. Phys.* 23, 1213-1218 (1996).
6. C-Series Clinac – Enhanced Dynamic Wedge Implementation Guide (1996).
7. J.P.Gibbons, Calculation of Enhanced Dynamic Wedge for Symmetric and Asymmetric photon fields, *Med. Phys.* 25 – 8 (1998).
8. Khan, Faiz M., *The Physics of Radiation Therapy – Second Edition*, Baltimore (1994).
9. International Commission on Radiation Units and Measurements, Report n° 24, Determination of Absorbed Dose in a Patient Irradiated by Beams of X or Gamma Rays in Radiotherapy Procedures, Bethesda (1976).