

CÁLCULO DO VOLUME DE DOSE EM BRAQUITERAPIA COM MICROCOMPUTADOR

por

Alwin Wilhelm Elbern

RESUMO -- Há alguns anos, com o advento de técnicas computacionais mais sofisticadas foi possível fazer frente às dificuldades encontradas no planejamento de doses em radioterapia e braquiterapia. Agora, com o uso mais intenso de microcomputadores estas dificuldades são minimizadas no que diz respeito ao planejamento e acompanhamento radioterapêutico como um todo.

Este trabalho descreve o cálculo do volume de dose, baseado no método de Monte Carlo, para fontes pontuais distribuídas aleatoriamente e com quaisquer atividades. Além disso este método é aplicado para alguns exemplos simples de configuração de fontes e os resultados são discutidos.

INTRODUÇÃO

Somente há alguns anos, com o, advento de técnicas computacionais mais sofisticadas foi possível fazer frente às dificuldades encontradas no planejamento de doses em radioterapia e braquiterapia. Agora, com o uso cada vez mais intenso de microcomputadores estas dificuldades são minimizadas no que diz respeito ao planejamento e acompanhamento do tratamento radioterapêutico como um todo.

Em braquiterapia a avaliação da uniformidade das doses ministradas, bem como o conhecimento do Volume de Dose, isto é, o volume englobado por todas as doses (ou taxas de dose) iguais ou maiores que uma dose (ou taxa de dose) dada, é importante para o conhecimento da zona afetada pelo tratamento Anderson (1986), Anderson e Osian (1986).

Este trabalho descreve o cálculo do volume de dose, baseado no método de Monte Carlo, para fontes pontuais distribuídas aleatoriamente e com quaisquer atividades.

*-Departamento de Engenharia Nuclear Escola de Engenharia - UFRGS Av. Osvaldo Aranha, 99 - 90.210
Porto Alegre - RS

A localização destas fontes no paciente, bem como a transferência das suas coordenadas para um microcomputador está descrito em Elbern (1989).

PROCESSO DE CÁLCULO:

O algoritmo utilizado no cálculo do volume de dose, para diferentes configurações de fontes, baseia-se na geração randomica de valores de x,y e z, em um contorno paralelepipedal no qual estão contidas as fontes radioativas. Este contorno é definido pelos valores máximos e mínimos das coordenadas, das fontes, acrescido de um valor constante arbitrário, de tal forma que permita a inserção do maior volume calculado.

É inerente ao método de Monte Carlo, a geração de 50000 a 100000 números aleatórios, correspondentes à pontos no interior do paralelepípedo utilizado.

Visto que estes pontos possuem uma distribuição uniforme, o volume de dose desejado é uma fração do volume do paralelepípedo, proporcional ao número de pontos que satisfizerem a condição de gerarem doses (taxas de doses) iguais ou maiores que a dose (taxa de dose) de referencia desejada.

A taxa de dose é obtida da relação abaixo como segue:

$$D = G \sum_{i=1..n} [f(r_i) A_i / r_i^2], \text{ onde} \quad (1)$$
$$r_i = [(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2]^{1/2}, \text{ onde}$$

G é a constante específica da fonte, $\sum_{i=1..n}$ representa a soma sobre todas as fontes, $f(r_i)$ é o fator de conversão de R para cGy no tecido mole em função da distância r_i ; A_i , x_i , y_i , z_i são a atividade e as coordenadas da fonte i respectivamente.

O volume de dose V(k) para uma dada dose D(k) é obtido da equação abaixo:

$$V(k) = n(k) V_{par}, \text{ onde} \quad (2)$$

$n(k)$ é o número de vezes que $D \geq D(k)$ e V_{par} é o volume do paralelepípedo de referencia. k é um índice que caracteriza as doses selecionadas.

RESULTADOS

Inicialmente calculou-se o caso mais simples, com uma fonte puntual, localizada na origem, com o fator $f(r) = 1$. Neste caso trivial, o volume de dose é dado por:

$$V_e(k) = (4\pi/3)(G f(r_i) A)^{3/2} D(k)^{-3/2} \quad (3)$$

Os cálculos foram realizados para o Iodo 125 como exemplo do método. Assim usamos $G = 1,45 \text{ R.cm}^2/\text{mCi.h}$, $A = 10 \text{ mCi}$ e $f(r) = 1$. As taxas de dose foram: $D(0) = 5$ até $D(5) = 300 \text{ cGy/h}$. Os resultados podem ser vistos na tabela 1. $V_n(k)$ é o resultado do cálculo pela expressão (2), onde n indica o número de mil interações e V_e é o valor exato calculado pela Eq.(3). O volume do paralelepípedo que circunscreve as fontes é de 216 cm^3 ($6 \times 6 \times 6$), o que é suficientemente grande para não influir no cálculo dos volumes de dose.

k	D(k)	$V_{10}(k)$	$V_{50}(k)$	$V_{100}(k)$	V_e
0	5	21.23	20.77	20.73	20.68
1	10	7.72	7.56	7.57	7.31
2	50	0.64	0.67	0.66	0.65
3	100	0.17	0.21	0.22	0.23
4	200	0.13	0.082	0.084	0.083
5	300	0.101	0.051	0.050	0.047

Tabela 1 - Cálculos do Volume de Dose em cm^3 de uma Fonte Puntual pelo Método de Monte Carlo ($f(r) = 1$).

Configurações mais complexas de fontes, tais como fontes distribuídas foram calculadas por este método, e os resultados podem ser vistos na Fig. 1., onde o volume calculado foi dividido pela dose na potência $-3/2$, com o objetivo de verificar a uniformidade do volume de dose em função da dose.

No caso trivial da Eq. (3) este valor é uma constante. Vemos também que devido à lei do inverso do quadrado, as curvas possuem valores altos na região de baixa dose, decaindo com o aumento da mesma. Esta queda, com o aumento da dose, é também dependente do fator de conversão de Roentgens para cGy. Os valores de $f(r)$ utilizados são os medidos em Krishnaswamy (1978).

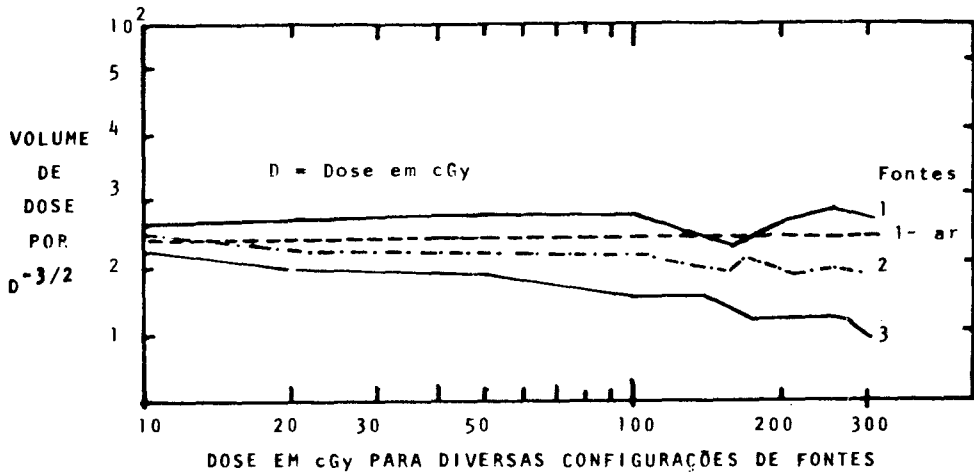


FIG.1 - Volume de taxa de dose dividido pela potência $-3/2$ da taxa de dose, em função da taxa de dose, para ^{125}I implantado em tecido. As coordenadas das fontes nesta simulação são: 1-fonte: $x(0)=0$, $y(0)=0$; 2-fontes: $x(1)=-1$, $y(1)=0$; $x(2)=1$, $y(2)=0$; 3-fontes: $x(1)=1$, $y(1)=-.5$; $x(2)=1$, $y(2)=-.5$; $x(3)=0$, $y(3)=1.25$;

4 - CONCLUSÃO

Vemos que o método de Monte Carlo, pode ser utilizado para o cálculo do Volume de Dose, em um tratamento. Além disso, a uniformidade volumétrica nos tratamentos, definida como o quociente do volume de tratamento com a potência $-3/2$ da dose aplicada Anderson e Osian (1988), permite comparações de histogramas de tratamentos em diferentes condições. Para configurações mais complexas de fontes, o método é mais demorado no cálculo, mas não perde sua generalidade, como pode ser visto nas equações (1). Finalmente, pela simplicidade do processo de cálculo apresentado, este método facilmente pode ser implantado, e utilizado em braquiterapia.

REFERÊNCIAS

- Anderson, L.L. (1986) "A natural volume-dose histogram for brachytherapy" , Med. Phys. 13, pg.898 .
- Anderson,L.L., Osian,A.D. 1986 Brachytherapy Update, pg. S-25, New York, NY.
- Elbern,A.W. (1989) "Cálculo de doses em braquiterapia com microcomputador". Anais do III Cong. Bras. Fis.Med., pg. 123.
- Krishnaswamy,V. (1978) "Dose distribution around an ^{125}I seed source in tissue". Radiology 26,pg.489.

DOSE VOLUME CALCULATION IN BRACHITHERAPY WITH MICROCOMPUTER

ABSTRACT -- During the last few years, with the advent of more sophisticated computational techniques, it became possible to handle some of the difficulties found in radiotherapeutic and brachitherapeutic dose planning. Today, with the intensive use of microcomputers, these difficulties are minimized, with respect to the treatment planning and evaluation.

This work describes the calculation of dose-volumes, based on the Monte Carlo method, for punctual sources, randomly distributed, and with arbitrary activities. Results of the application of this technique applied to some basic examples of source configurations are also presented.