

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE BIOFÍSICA E RADIOBIOLOGIA**

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE DE QUALIDADE DA  
BRAQUITERAPIA DE ALTAS TAXAS DE DOSE NO TRATAMENTO  
DO CÂNCER DE COLO DO ÚTERO**

**TACIANA DOS SANTOS SOARES**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ademir Amaral

RECIFE-PE  
2000

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOFÍSICA E RADIOBIOLOGIA**

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE DE QUALIDADE DA  
BRAQUITERAPIA DE ALTAS TAXAS DE DOSE NO TRATAMENTO  
DO CÂNCER DE COLO DO ÚTERO**

**TACIANA DOS SANTOS SOARES**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ademir Amaral

Tese apresentada como parte  
dos requisitos para obtenção  
do grau de Mestra em  
Biofísica e Radiobiologia.

RECIFE-PE  
2000



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**DEPARTAMENTO DE BIOFÍSICA E RADIOBIOLOGIA**  
**COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO**

MESTRANDA: Taciana dos Santos Soares

DATA DEFESA: 10/07/2000

**BOLETIM FINAL DE SELEÇÃO**

EXAMINADORES	MENÇÕES	ASSINATURAS
Profª. Dra. Maria Teresa Jansem de Almeida Catanho	A	<i>M Catanho</i>
Prof. Dr. Clovis Abrahão Hazin	A	<i>CH</i>
Profª. Dra. Maria Inês Calil Cury Guimarães	A	<i>M Inês Cury</i>

*Maria Tereza J. A. Catanho*  
.....  
PRESIDENTE DA BANCA

*[Signature]*  
.....  
ORIENTADOR

*Maria Tereza J. A. Catanho*  
.....  
COORDENADORA

Dedico aos meus pais,  
Eduardo (in memmorian) e  
Eurídice, aos meus filhos,  
Caio e Yuri, ao meu marido  
Guann Jyb, aos meus irmãos e  
tios.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a graça de concluir mais esta etapa na minha vida.

Aos meus pais, filhos (Caio e Yuri) pelo amor e paciência e a todos os familiares, pelo apoio a minha vida.

Ao Guann Jyb, pela especial união, amor, participação e compreensão.

Ao meu irmão Iggor Soares, pela excelente ajuda perante o computador para a execução deste trabalho.

Em especial, ao meu primo Levy Oliveira que mesmo por estar tão distante tem uma parcela de contribuição inestimável.

Ao Professor Ademir Amaral pela dedicada orientação e por toda a paciência.

À Professora Tereza Jansem, pela amizade e empenho.

Aos Professores da banca;

À Professora Maria Inês pelas sugestões e disponibilidade;

Ao Professor Catão Barbosa pela sugestão e disponibilidade;

Ao Professor Clovis Hazin pelas sugestões e colaboração;

À Professora Cristina Peixoto por ter aceito participar desta tese e por sugestões.

À Capes, pela contribuição ao desenvolvimento deste país.

Ao Professor Emerson Araújo pelo empenho.

A todo o Departamento de Biofísica e ao Departamento de Energia Nuclear, pela contribuição acadêmica.

Ao Dr. Homero Cavalcanti Melo, pela inesquecível contribuição científica e moral durante estes anos de convívio e formação.

A todos os Radioterapeutas do Centro de Radioterapia de Pernambuco pela contribuição durante este trabalho.

As Psicólogas em especial, pelo apoio pessoal e contribuição com seu trabalho.

Ao CERAPE, como um todo, pelo apoio e incentivo neste caminho em busca do aperfeiçoamento.

Ao Haroldo (in memmorian), Francisco Melo(Chico), Maria José e ao Departamento de Física da Universidade Católica de Pernambuco, por todo o apoio, pelo relacionamento especial e fraterno e por ter me iniciado na Física Médica.

À Física médica, Rosa Chaves pelo empenho e amizade durante todos estes anos.

Ao Físico Médico, Geneci pela contribuição na minha formação nesta área.

Ao Físico Médico, Marcos Vicente por todo empenho dispensado a este trabalho.

Aos amigos Adeildo Cordeiro Júnior, Cláudio Menezes, Silvana Buarque, Paulo Ratis, Luzivânia Melo, Liliane Fonteles e seu esposo César, e todos os outros não citados, pela amizade e compreensão devido à minha ausência durante este trabalho.

A todas as pacientes que colaboraram para a execução deste estudo que visou o seu benefício.

E àqueles que apesar de não terem sido citados, sempre lembrarei da pequena parcela de contribuição à conclusão deste estudo.

# ÍNDICE

## CAPÍTULO-I

Página

1-Introdução.....	4
-------------------	---

## CAPÍTULO-II

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1-Resumo histórico das radiações ionizantes.....	7
2.2-Radioterapia.....	8
2.3-Principais fontes utilizadas em braquiterapia.....	11
2.4-Classificação dos equipamentos segundo a taxa de dose.....	14
2.5-Classificação da braquiterapia segundo a emissão radioativa.....	14
2.6-Braquiterapia de baixa taxa de dose.....	15
2.6.1-Vantagens.....	15
2.6.2-Desvantagens.....	16
2.7-Alta taxa de dose.....	16
2.7.1-Vantagens.....	16
2.7.2-Desvantagens.....	18

2.8-Sistema de pós-carregamento remoto de alta taxa de dose Microselectron-HDR, $^{192}\text{Ir}$ .....	18
2.9-Recomendações e Normas quanto aos limites da exposição à radiação.....	21

## **CAPÍTULO-III**

MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
3.1-Unidade de tratamento.....	28
3.2-Sistema de planejamento do tratamento.....	32
3.3-Garantia da qualidade na braquiterapia de alta taxa de dose.....	34
3.3.1-Garantia da qualidade no sistema de planejamento.....	35
3.3.2-Garantia de qualidade no sistema de tratamento.....	35
3.3.3-Garantia de qualidade nos procedimentos durante o tratamento do paciente.....	36

## **CAPÍTULO IV**

RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1-Testes de controle de qualidade a serem efetuados de modo diário e trimestral.....	38
4.1.1-Seleção de testes trimestrais para a alta taxa de dose.....	43
4.2-Dosimetria da fonte de $^{192}\text{Ir}$ .....	49



4.3-Influência do posicionamento das pernas da paciente durante todo o tratamento nas doses de órgãos críticos: Reto e bexiga.....	50
--	----

## **CAPÍTULO-V**

CONCLUSÕES.....	58
-----------------	----

SUGESTÕES.....	61
----------------	----

## **ANEXO I**

1-O câncer ginecológico.....	63
1.1-Câncer do colo de útero.....	64
1.2-Câncer do endométrio.....	66
1.3-Câncer de ovário.....	67
1.4-Câncer de vagina.....	68
1.5-Câncer de vulva.....	69

## **ANEXO II**

1-Tipos de carregamentos.....	71
1.1-Carregamento radioativo manual.....	71
1.2-Pós-carregamento manual.....	72
1.3-Pós-carregamento remoto.....	72
2-Técnicas de aplicações da braquiterapia.....	72

2.1-Técnica de aplicação intracavitária.....	73
2.1.1-Aplicadores.....	73
2.2-A Aplicação superficial.....	78
2.2.1-Aplicadores oftálmicos.....	78
2.2.2-Moldes.....	79
2.3-Aplicação intersticial.....	80
3-Implantes temporários.....	80
4-Implantes permanentes.....	81

### **ANEXO III**

1-Os sistemas de tratamento básicos.....	83
1.1-O sistema Stockholm.....	84
1.2-O sistema Paris.....	85
1.3-O sistema Manchester.....	86

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>87</b>
--	-----------



## RESUMO

Uma das formas de tratamento do câncer de colo uterino é a braquiterapia. Neste tipo de radioterapia, a fonte radioativa é colocada em contato ou dentro do tumor de sorte a maximizar a dose no volume tumoral e minimizar a dose absorvida pelos tecidos sãos circunvizinhos. A depender da taxa de dose empregada, essa técnica é classificada em braquiterapia de baixa taxa de dose (LDR) ou de alta taxa de dose (HDR).

Em Recife, cidade de maior índice de câncer de colo de útero do Brasil, o Centro de Radioterapia de Pernambuco (CERAPE) vem desenvolvendo um programa de tratamento desta neoplasia utilizando a braquiterapia tipo HDR. Isto, motivado tanto pela rapidez do tratamento, quanto pelos efeitos da alta taxa de dose sobre células cancerosas.

A eficácia do tratamento depende de muitos fatores e envolve a interação de diferentes profissionais de saúde. Para o seu sucesso, recomenda-se o emprego de um programa de controle de qualidade. Neste caso, o objetivo é o de proporcionar sua execução conforme as prescrições médicas, bem como o de garantir as condições de segurança tanto para o paciente quanto para os profissionais de saúde.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a sistematização dos diversos parâmetros que envolvem o tratamento de câncer de colo de útero com o sistema de alta taxa de dose Microselectron™ e propor um programa de controle de qualidade da braquiterapia com este equipamento. Além disso, a partir do planejamento em questão, foram avaliadas as doses recebidas pelo reto e bexiga em função do posicionamento das pernas da paciente durante a simulação, bem como, a importância do acompanhamento psicológico durante todo o tratamento com a paciente a partir da avaliação do seu estado emocional.

## **ABSTRACT**

One of the ways of treatment of the cancer of uterine lap is the brachytherapy. In this radiotherapy type, the radioactive source is put in contact or inside of the lucky tumor to maximize the dose in the tumorous volume and to minimize the absorbed dose for the fabrics that are adjacent. To depend on the tax of used dose, that technique is classified in brachytherapy of low dose rate (LDR) or of high dose rate (HDR).

In Recife, city of larger index of cancer of lap of uterus of Brazil, Center of Radiotherapy of Pernambuco (CERAPE) it is developing a program of treatment of this neoplasia using the brachytherapy type HDR. This, motivated so much for speed of the treatment, as for the effects of the high dose rate on cancerous cells.

The effectiveness of the treatment depends on many factors and it involves the different professionals of health interaction. For his/her success, the job of a quality control program is recommended. In this case, the objective is it of providing his/her execution according to the medical prescriptions, as well as the one of guaranteeing so much safety conditions for the patient as for the professionals of health.

For the operation of a radiotherapy clinic it is advisable that a quality control program exists evaluating a group of norms with the objective of guaranteeing the effectiveness of the treatment, the patient's safety and of the whole involved team.

The objective of this work was it of evaluating the systemization of the several parameters that you/they involve the treatment of cancer of uterus lap with the system of high dose rate Microselectron and to propose a program of quality control of the brachytherapy with this equipment. Besides, starting from the planning in subject, they were appraised the doses received by the rectum and bladder in function of the positioning of the patient's legs during the simulation, as well as, the importance of the psychological attendance during the whole treatment with the patient starting from the evaluation of his/her emotional state.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUÇÃO**

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

O termo Braquiterapia vem do grego “terapia próxima”, a qual é uma forma de tratamento que emprega fontes radioativas dispostas próximas, em contato ou implantadas em neoplasias. Esta técnica é muito utilizada para tratamentos de tumores uterinos, associada à teleterapia. Nesta última, a fonte radioativa está acondicionada em um equipamento que a permite ficar a uma distância de 80 cm ou 100 cm do paciente. Esta combinação de modalidades de tratamento resulta em uma liberação de doses elevadas no tumor, propiciando uma melhor resposta terapêutica.

Após as doenças cardiovascular, o câncer é a segunda causa de morte no Brasil (INCA,1997). Por outro lado, o sistema de saúde ainda considera as doenças crônico-degenerativas como de menor importância do que as doenças infecciosas e parasitárias.

Estudos feitos em 1930, relatavam que o câncer era responsável por 3 % do índice de mortalidade no Brasil. Atualmente, esse índice é de 15 % como avaliado por Eduardo Franco (Abrão, 1995).

A taxa de incidência do câncer de colo de útero é mais alta no Brasil do que em outros países. A cidade de Recife (Pernambuco), tem a maior taxa de incidência do país, encontrando-se entre os primeiros lugares com relação a outros países do mundo, de acordo com pesquisa realizada por Carvalho e colaboradores (c.f. Abrão, 1995).

A taxa média anual de câncer de colo do útero no Brasil é de que uma em cada 13 mulheres, tomando como base uma sobrevivida de até os 74 anos. O risco de uma mulher ter uma neoplasia maligna aumenta com a idade, como observado em estudos realizados por Mirra e Franco (c.f. Abrão,1995), onde a possibilidade desta doença atingir órgãos genitais e mamários pode ser de 50 %.

A radioterapia integra as funções de radioterapeuta, médico especializado em oncologia e na terapia com as radiações ionizantes, e físico médico, o qual é responsável pelo controle e uso das fontes radioativas e dos equipamentos de terapia. Juntos, estes profissionais compõem

uma equipe ao lado de enfermeiras e técnicos, com o objetivo de obter uma melhor qualidade no tratamento do paciente, visando assegurar uma melhor qualidade de vida.

Para melhorar a eficácia do tratamento é necessário que o serviço de radioterapia através de um físico em medicina, utilize um programa de controle de qualidade com a definição de vários parâmetros a serem seguidos. Atualmente, encontra-se dificuldade na escolha de um protocolo para efetuar um controle de qualidade que seja adequado às necessidades do serviço porque os propostos são normalmente generalizados. A adaptação do físico médico à rotina de trabalho em uma clínica, pode levar algum tempo até que habitue-se aos procedimentos diários. Portanto, o nosso objetivo é sugerir um protocolo que englobe toda uma sistemática, como testes de controle de qualidade no sistema computadorizado, na unidade remota, no sistema de simulação, em todos os materiais utilizados no tratamento, etc. Este procedimento, atualmente, não está disponibilizado de forma objetiva e concisa.

Em particular, atenção especial foi dada à avaliação da dose recebida pelo reto e bexiga, órgãos críticos neste tipo de tratamento, em decorrência do posicionamento da paciente, desde a execução da radiografia prévia ao tratamento, até o seu término.

Este trabalho é resultado de uma colaboração entre a Universidade Federal de Pernambuco (Departamento de Biofísica e Radiobiologia e Departamento de Energia Nuclear) e do serviço de radioterapia CERAPE (Centro de Radioterapia de Pernambuco) situado no Hospital do Câncer de Pernambuco.



## **CAPÍTULO II**

### **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

## CAPÍTULO II

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1-Resumo histórico das radiações ionizantes

O início da Braquiterapia se confunde com a própria descoberta da radioatividade por Henri Becquerel no ano de 1896, e com a descoberta do rádio seguida pela do polônio por Marie Curie e seu marido Pierre Curie, em 1898. Logo em seguida a este fato, os Curies entregaram um tubo de ensaio contendo rádio a Danlos do Hospital St. Louis, em Paris, para tratar um paciente com lúpus.\* Este é o relato mais antigo acerca da Braquiterapia. Vários pesquisadores atentaram para esta nova técnica de tratamento e desenvolveram várias metodologias para o condicionamento da fonte radioativa e sua inserção no tumor, como o desenvolvimento de aplicadores de superfície por H. Strebel em 1903 (c.f. Nag, 1997), tornando possível tratar vários tipos de câncer em diferentes locais do corpo.

O tratamento de câncer de útero com fontes de rádio foi iniciado por Wickham do Instituto de Rádio de Paris em 1906 (c.f. Nag S., 1997). Ele publicou o resultado de mil casos tratados de 1910 até 1913, sendo o precursor no tratamento do câncer uterino com radiações ionizantes.

Vários países como Alemanha, Suécia, Inglaterra e Estados Unidos, assim como a França, começaram a pesquisar as propriedades terapêuticas do rádio enfatizando o seu uso nos casos de tumores uterinos. Ao observar todo esse interesse científico pelo potencial terapêutico do rádio e também pelas aplicações médicas dos raios Röntgen em diagnóstico, Bécclère, físico experimental, iniciou em 1910 uma pesquisa baseada na similaridade dos danos freqüentemente ocorridos (c.f. Bentel, 1996). Após a conclusão do seu trabalho, ele solicitou à comissão responsável de medidas e unidades que fosse estipulada uma unidade de

---

\* Lúpus eritematoso: Doença de curso crônico, auto-imune que atinge diversas partes do corpo, principalmente pele, juntas, sangue e rins através de processo inflamatório.

dose comum à terapia com radiação a ser utilizada por todos. Bécère foi o primeiro pesquisador a enfatizar a necessidade de dosimetria controlada por físicos para proteger a equipe médica e o paciente da exposição desnecessária, sendo o primeiro a instituir protocolos de radioproteção (c.f. Bentel, 1996).

## **2.2-Radioterapia**

É uma modalidade de tratamento que utiliza as radiações ionizantes, que é dividida em teleterapia e braquiterapia.

### **a)Teleterapia (terapia à distância)**

Na teleterapia são utilizados feixes de raios-X, gama ou elétrons de alta energia, com a fonte emissora de radiação a uma certa distância da região a ser tratada no paciente, sendo essa distância normalmente de 80 cm ou de 100 cm.

Os equipamentos de megavoltagem podem ser o telecobalto, que utiliza uma fonte de  $^{60}\text{Co}$  emissora de raios gama, ou acelerador linear que funciona de modo semelhante ao equipamento de raios-X, podendo ser emissor de elétrons ou de raios-X. Nesta forma de terapia podem ser usados equipamentos de megavoltagem e de ortovoltagem. Na teleterapia feita com os equipamentos de megavoltagem pode-se trabalhar com a radioterapia convencional, conformacional, com intensidade de dose modulada, estereotóxica fracionada e como radiocirurgia. A Figura 1, a seguir, apresenta dois equipamentos de teleterapia, um acelerador de 4 MV/80 Varian à esquerda e uma unidade de telecobaltoterapia Theratron 780 AECL à direita. Ambos do Centro de Radioterapia de Pernambuco (CERAPE).



Figura 1: Equipamentos de teleterapia. À esquerda um acelerador linear de 4 MeV e à direita uma bomba de  $^{60}\text{Co}$  pertencentes ao Centro de Radioterapia de Pernambuco.

## b) Braquiterapia (terapia próxima)

Na braquiterapia a fonte pode estar disposta próxima, em contato ou dentro do tumor. Na Figura 2 é mostrado um de sistema para tratamento na braquiterapia de alta taxa de dose.



Figura 2: Equipamento de braquiterapia de alta taxa de dose. A esquerda está o sistema de planejamento e à direita está a unidade remota que armazena uma fonte de  $^{192}\text{Ir}$ .

## 2.3-Principais fontes utilizadas em Braquiterapia

Com o desenvolvimento dos reatores nucleares, após a Segunda Guerra Mundial, foi possível aumentar a produção dos radionuclídeos artificiais resultando em uma variedade de fontes disponíveis para a braquiterapia.

As vantagens e desvantagens do emprego de um radionuclídeo na braquiterapia, está relacionada com os seus parâmetros físicos tais como: atividade, tamanho da fonte e meia-vida.

Na Tabela 1, podem ser observadas algumas das características físicas dos radionuclídeos mais usados na braquiterapia.

Tabela 1: Características físicas de radionuclídeos usados em braquiterapia. ( Fonte: Nag, 1997).

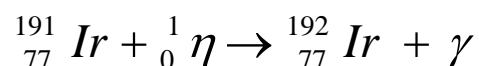
Radionuclídeo	Meia-vida	Energia do fóton (MeV)	Camada Semi-redutora* (mm Pb)
$^{226}\text{Ra}$	1600 anos	0,047-2,45 (média 0,83)	8,0
$^{222}\text{Rn}$	3,83 dias	5,486	8,0
$^{60}\text{Co}$	5,26 anos	1,17; 1,33	11,0
$^{137}\text{Cs}$	30,0 anos	0,662	5,5
$^{192}\text{Ir}$	73,83 dias	0,136-1,06 (média 0,38)	2,5
$^{198}\text{Au}$	2,7 dias	0,412	2,5
$^{125}\text{I}$	60,2 dias	0,028 média	0,025
$^{103}\text{Pd}$	17 dias	0,021 média	0,08

\* Camada semi-redutora: Camada que reduz a intensidade do feixe à metade.

Algumas fontes substituíram o  $^{226}\text{Ra}$  na terapia intracavitária, as quais foram produzidas de 1947 até 1957; o  $^{198}\text{Au}$  foi introduzido em 1947, enquanto o  $^{60}\text{Co}$  em 1948, o  $^{192}\text{Ir}$  em 1954, o  $^{90}\text{Y}$  em 1956 e o  $^{137}\text{Cs}$  em 1957. O  $^{192}\text{Ir}$  na forma de fios finos ou sementes foi introduzido por Henschke em 1955 como substituto em tratamentos das agulhas de rádio e das sementes de radônio (c.f. Nag, 1997).

Depois do  $^{137}\text{Cs}$  e do  $^{60}\text{Co}$ , o radioisótopo mais utilizado na Braquiterapia de alta taxa é o  $^{192}\text{Ir}$ , sendo produzido pela captura de nêutron pelo  $^{191}\text{Ir}$  estável.

Na equação abaixo pode-se observar a reação



A meia-vida do  $^{192}\text{Ir}$  é de 73,83 dias, o qual decai pela emissão de uma partícula beta e depois pela captura eletrônica para os estados excitados da  $^{192}\text{Pt}$  e  $^{192}\text{Os}$ . A Figura 3 abaixo, demonstra o esquema do decaimento do  $^{192}\text{Ir}$ . O seu decaimento para o estado metaestável é feito pela emissão gama e a energia média dos fótons é de 0,38 MeV.

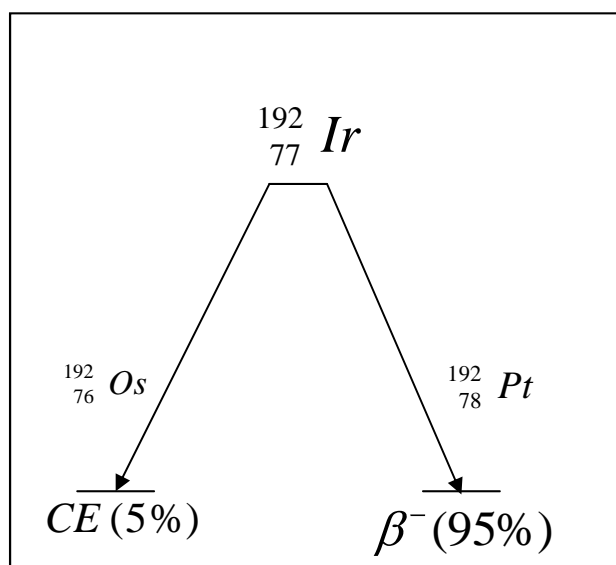


Figura 3: Esquema do decaimento do  $^{192}\text{Ir}$ .

Devido à energia dos fótons do  $^{192}\text{Ir}$  ser menor que a do  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{226}\text{Ra}$ , a sua blindagem é menos espessa. A camada semi-redutora é de 2,5 mm de Pb.

As fontes de Irídio-192 produzidas nos Estados Unidos pela Best Medical International (Springfield, VA, EUA) são compostas na sua cápsula mais interna por 30 % de irídio e 70 % de platina encapsulada em aço inoxidável. As fontes produzidas pela Alfa Omega Services Inc. (Belflower, CA, EUA) são compostas em seu encapsulamento mais interno por 10 % de irídio e por 90 % de platina encapsulada em 0,1 mm de espessura de platina. Estes dois tipos de fontes possuem cerca de 3 mm de comprimento e 0,55 mm de diâmetro.

Na Europa, as fontes de  $^{192}\text{Ir}$  são construídas de sorte a serem dispostas como fios metálicos compostos por 25 % de irídio e 75 % de platina envoltos em platina pura. Os fios metálicos são disponíveis em dois tamanhos de 0,3 mm e 0,5 mm.

O  $^{192}\text{Ir}$  é mais recomendado para os implantes na Braquiterapia devido à energia média dos fótons ser de 0,38 MeV, o que favorece a liberação de uma dose não muito alta nas proximidades do tumor, tratando o local desejado com a dose prescrita. O  $^{192}\text{Ir}$  é apresentado na forma metálica, enquanto o  $^{137}\text{Cs}$  é apresentado na forma de sal (cloreto de céσιο). Por outro lado  $^{60}\text{Co}$  tem uma energia média muito alta para esta forma de tratamento, o que inviabiliza seu uso para este procedimento. Nas unidades de pós-carregamento remoto a fonte é disposta como semente (“seed”, termo utilizado na prática). Estas fontes, após encapsuladas possuindo 5mm de comprimento e 1,1mm de altura, sendo o seu comprimento ativo de 3,5 mm. A Figura 4 apresenta o esquema de uma fonte de  $^{192}\text{Ir}$  presa a um cabo de aço.



## 2.4-Classificação dos equipamentos segundo a taxa de dose

De acordo com a Comissão Internacional de Unidades e Medidas de Radiação (ICRU-38,1985). As taxas de doses na Braquiterapia são classificadas em: baixa taxa de dose, média taxa de dose e alta taxa de dose, conforme apresentado abaixo:

a) Baixa taxa de dose (Low Dose Rate - LDR)

Taxas de doses que podem variar de 0,4 a 2,0 Gy por hora.

b) Média taxa de dose (Medium Dose Rate – MDR)

Taxas de doses que podem variar de 2,0 a 12,0 Gy por hora.

c) Alta taxa de dose (High Dose Rate – HDR)

Taxas de doses maiores do que 12,0 Gy por hora.

## 2.5-Classificação na Braquiterapia segundo a emissão radioativa

a) Materiais radioativos emissores de radiação gama

Radioisótopos como o  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{198}\text{Au}$  e o  $^{192}\text{Ir}$ , são emissores gama com alta energia.

## b) Materiais radioativos emissores de radiação beta

Normalmente são fontes não seladas condicionadas em aplicadores específicos, como por exemplo fontes de  $^{32}\text{P}$  e  $^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$ . Apesar da radiação beta ser absorvida por poucos milímetros de tecido, é necessário uma blindagem adequada para a proteção dos profissionais, buscando-se evitar o efeito da radiação de bremsstrahlung.

## c) Fontes emissoras de nêutrons

A fonte de nêutrons mais utilizada em Braquiterapia é o  $^{252}\text{Cf}$ . Sua maior vantagem é que ele tem um efeito mais efetivo nas células hipóxicas do tumor devido à sua transferência linear de energia a qual é maior do que a dos emissores gama.

## **2.6-Braquiterapia de baixa taxa de dose (low dose rate – LDR)**

### **2.6.1-Vantagens**

A maior vantagem está relacionada à grande experiência clínica e, por conseguinte, à grande quantidade de dados acumulados que podem demonstrar toda a sua eficácia, segurança e limitações. Ao compararmos a dose recebida pelo reto e pela bexiga após o tratamento feito com a baixa taxa de dose e com a alta taxa de dose verificamos uma redução nos prováveis efeitos tardios.

O baixo custo do tratamento feito com a baixa taxa de dose, a torna mais adequada à situação de clínicas em países com situação econômica pouco favorável. O tempo prolongado do tratamento permite que o médico e o físico acompanhe todo o comportamento da paciente durante o tratamento tornando possível interrompê-lo, caso seja necessário.

## **2.6.2-Desvantagens**

O tempo necessário para efetuar o tratamento é geralmente longo, implicando no internamento do paciente por alguns dias, o que leva a um custo hospitalar elevado para esse tipo de tratamento.

Neste caso, o tratamento em pacientes com crises agudas de coluna, por causa da sua posição no leito, torna este tipo de tratamento inviável. Assim como o tempo de internamento, o incômodo causado pelo tamanho dos aplicadores intracavitários é relatado por quase todas as pacientes, além da dificuldade durante o asseio e para dormir.

Os profissionais que acompanham a paciente durante o seu internamento são expostos à radiação, limitando assim o tempo de permanência ao lado da paciente. Como resultado, alguns inconvenientes como os relacionados acima tornam o tratamento muito desconfortável.

Além disso, o tempo de internamento prolongado limita a quantidade de pacientes à capacidade de leitos disponíveis, ocasionando muitas vezes o aparecimento de filas de espera ocasionando uma demora para iniciar o tratamento. Isto concorre para a ineficácia do tratamento, pois inviabiliza o controle do crescimento das células neoplásicas, bem como seus efeitos.

## **2.7-Alta taxa de dose (high dose rate – HDR)**

### **2.7.1-Vantagens**

Uma das principais vantagens do HDR é a ausência de internamento da paciente, que pode ser submetido ao tratamento e retornar ao seu trabalho ou à sua casa sem maiores transtornos. Portanto, favorece o bem estar psicológico da paciente que poderia ficar em estado deprimido ao saber de um internamento prolongado por se distanciar dos familiares e/ou de suas atividades diárias.

Os aplicadores utilizados no HDR são de dimensões menores do que os aplicadores do LDR, portanto, a paciente sente-se menos incômodo. Antes do tratamento, a paciente é sedada, evitando o desconforto no instante da inserção dos aplicadores, propiciando ao radioterapeuta uma maior segurança durante esta conduta.

Com o advento do sistema de pós-carregamento remoto, houve a redução da taxa de exposição de todos os profissionais envolvidos no tratamento. Em muitos casos, a unidade de tratamento pode ser instalada em uma sala com blindagem adequada, por exemplo uma sala desativada de cobalto, possibilitando a diminuição dos custos relativos à construção de uma blindagem específica para este equipamento.

Com relação ao planejamento do tratamento, simulações são efetuadas antes da inserção das fontes, viabilizando uma melhor avaliação das curvas de isodoses em torno dos aplicadores, buscando obter uma distribuição homogênea.

Os efeitos biológicos causados nos tecidos normais e no tumor devido ao tratamento feito na braquiterapia de alta taxa de dose (HDR) são diferentes dos que ocorrem nos tratamentos de braquiterapia de baixa taxa de dose (LDR), ocasionando mudanças nos esquemas de fracionamento de dose, as quais permitiram uma melhor eficácia biológica.

Ao compararmos os tratamentos realizados por um ou por outro método, observa-se vantagens da alta taxa de dose em relação à baixa taxa de dose, do ponto de vista dos efeitos biológicos, do tempo de tratamento, do tempo de internamento e da exposição dos profissionais, devido a otimização dos sistemas operacionais e da proteção radiológica.

Na alta taxa de dose o tecido lesado ao ser irradiado tende a resultados muito bons porém, os tecidos de órgãos sãos, como reto e bexiga no caso de câncer do colo de útero, são irradiados também e podem vir a apresentar, em alguns casos, sérias complicações devido a dose recebida no tratamento (ICRU-38, 1985).

Enquanto o tratamento envolvendo LDR levava três dias, a braquiterapia com HDR pode ser feita em 10 minutos, a depender da atividade da fonte utilizada no momento do tratamento.

É de suma importância levar em consideração as doses para a aplicação do programa de controle de qualidade e enfatizar a necessidade de uma maior vigilância levando a reduzir muito estes efeitos tardios.

### **2.7.2-Desvantagens do HDR**

Sua principal desvantagem é o alto custo para implantação. Isso, tendo em vista o valor do equipamento, do sistema de planejamento e de controle do tratamento, bem como o investimento de reforma ou construção de uma sala com blindagem adequada à energia das fontes.

Além disso, este equipamento requer um controle periódico adequado visando o cumprimento de normas que resultam na melhor qualidade do tratamento. Por outro lado, a curta meia-vida física da fonte obriga os físicos a estarem atentos à dosimetria, para atualizar o planejamento de acordo com a atividade da fonte e a possíveis falhas nos aplicativos (software).

Porém, independentemente dos diferentes procedimentos utilizados quando comparado ao LDR, existe uma tendência para uma maior utilização da braquiterapia tipo HDR devido ao atual e constante desenvolvimento tecnológico.

### **2.8-Sistema de pós-carregamento remoto de alta taxa de dose**

#### **Microselectron-HDR, $^{192}\text{Ir}$**

Desde o início do desenvolvimento do sistema de pós-carregamento por Robert Abbe em 1905, quando em uma cirurgia após a ressecção do tumor, posicionou dois tubos de ensaio vazios no leito tumoral carregando-os posteriormente reduzindo a exposição (c.f. Nag,1997), que se tenta desenvolver equipamentos cada vez mais aperfeiçoados que possibilitem uma maior confiabilidade às técnicas de tratamento utilizadas em pacientes.

Com a obtenção dos radioisótopos artificiais, por Irène Curie e seu marido Frederick Jolliot-Curie em 1934 (Nag, 1997), seguido do desenvolvimento dos reatores na Segunda Guerra Mundial, foi possível dar novas perspectivas à prática da braquiterapia. Aumentou-se assim o leque de opções para a escolha do isótopo em função de suas propriedades, como por exemplo a energia dos fótons, tempo de meia-vida física, acondicionamento da fonte, etc.

Avaliando-se os inconvenientes causados pelo posicionamento do aplicador na paciente, vários tipos foram desenvolvidos para evitar estas exposições. Surgiram os aplicadores de pós-carregamento, que permitem a inserção das fontes após a sua colocação, diminuindo a dose recebida pelos profissionais.

Paralelamente, baseados em diferentes casos clínicos, surgiram alguns sistemas para o tratamento do colo uterino: o sistema Manchester desenvolvido por Paterson em 1948, o sistema Paris apresentado por Lamarque e Coliez em 1951 e o sistema Stockholm por Kottmeier em 1954 (ICRU 38, 1985). Estes sistemas são apresentados em maiores detalhes no anexo III. Os sistemas utilizados posteriormente, são derivados destes três. O aplicador Fletcher-Suit desenvolvido por Fletcher e Suit em 1963 (ICRU 38, 1985) foi desenvolvido a partir dos primeiros aplicadores.

Do ponto de vista de radio proteção, estes aplicadores para o pós-carregamento ainda trazem desvantagens para o físico ou para o profissional capacitado a manipular as fontes, desde a sua retirada do cofre até a inserção na paciente, levando este profissional a se expor à radiação durante todo o procedimento.

A busca por técnicas que reduzem a exposição do pessoal, levou à implementação do pós-carregamento remoto, onde a fonte radioativa é armazenada em uma unidade remoto, a qual possibilita tratar um paciente sem a exposição dos profissionais envolvidos.

Nesta técnica, os cateteres são ligados aos aplicadores permitindo a colocação e a retirada da fonte sem que haja exposição dos profissionais.

A fonte guardada no cabeçote da unidade remota tem como atividade inicial cerca de 10 ou 11 curies, sendo a mesma presa por um fino cabo de aço a um sistema mecânico de tração que a conduz ao aplicador e ao local de armazenagem. A fonte é guiada através dos tubos de acordo com o planejamento feito, acompanhada por um controle no seu trajeto e com dispositivos de segurança.

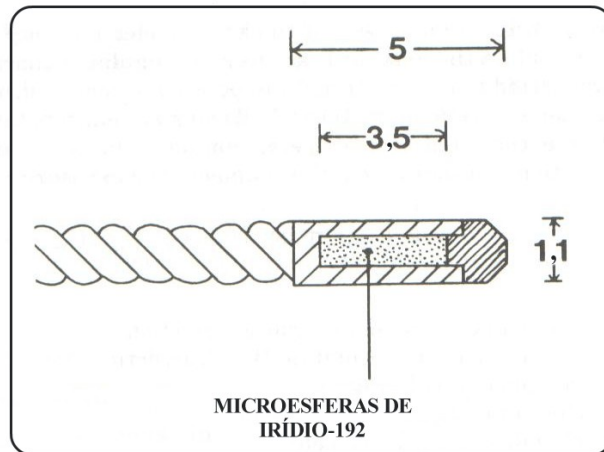


Figura 4: Fonte de  $^{192}\text{Ir}$  presa a um cabo de aço ( distâncias expressas em mm ).

Todo o sistema de pós-carregamento é dividido em duas partes: A unidade de tratamento e o sistema de controle e planejamento do tratamento.

A dose deve ser mantida tão baixa o quanto possível (ALARA\*) para os profissionais e pacientes. Paralelamente deve ser calculada uma melhor distribuição de dose no volume alvo, o qual possibilita diminuir ao máximo possível a dose recebida nas estruturas sadias adjacentes. A braquiterapia de alta taxa de dose quando efetivamente calibrada, permite o cumprimento de tais normas durante e após o tratamento.

O sistema de pós-carregamento remoto possui controles que buscam a manutenção antes, durante e após o tratamento, tais como:

- A) Melhor acurácia quanto ao posicionamento da fonte;
- B) Possuem fontes pequenas de alta atividade, que podem ser movidas facilmente;
- C) Translado da em um tubo flexível;

\* ALARA- As Low As Reasonably Achievable. A dose deve ser mantida tão baixa o quanto exequível.

- D) Sistema de monitoração que permite o retorno da fonte ao local de armazenamento, em casos de problemas técnicos;
- F) Acompanhamento do paciente através de sistema audio-visual;
- G) A correção automática da atividade da fonte pelo sistema de controle;
- H) Supervisão de todo tratamento pelo sistema computacional.

Um software especialmente desenvolvido para o planejamento implementa os cálculos físicos, calculando as curvas de isodoses\* na região do tumor.

Para facilitar o cálculo e o posicionamento mais adequado dos aplicadores, são utilizadas as "fontes falsas" (dummy sources) inseridas nos aplicadores antes de radiografá-los. Estas radiografias da paciente com os aplicadores servirão para fazer o planejamento do tratamento.

Todo o planejamento feito para cada paciente é registrado e arquivado, visto que o tratamento é feito de modo fracionado.

## **2.9-Recomendações e Normas quanto aos limites da exposição à radiação**

A rotina diária de uma clínica de radioterapia demanda a execução de vários testes de controle, os quais irão assegurar as condições de funcionamento de todos os equipamentos, prevenindo contra possíveis erros causados por falhas no sistema ou de comando.

Recomendações de diversas comissões têm como meta estabelecer critérios para o uso da radiação ionizante, objetivando gerenciar o risco e proporcionar um maior benefício no emprego desta forma de energia.

Em 1928, foi criada a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) com a intenção de reduzir as exposições desnecessárias às radiações ionizantes. A publicação 60 da ICRP houve algumas novidades quanto à otimização da exposição ocupacional (ICRP-60,1990). De acordo com a ICRP-60 podemos classificar as exposições como ocupacionais, médicas e públicas.

---

\* Curvas de isodoses: Linhas que passam por pontos de mesma dose e que indicam a distribuição de doses em diferentes profundidades.



a)- Exposição ocupacional

Os profissionais que se expõem freqüentemente à radiação estão enquadrados nesta classificação, são os radioterapeutas, técnicos, físicos, equipe de enfermagem, auxiliares, entre outros.

b)- Exposições médicas

São aquelas resultantes de tratamentos ou exames diagnóstico com radiações ionizantes.

c)- Exposições de indivíduos do público

De um modo geral, pode-se classificar como exposição do público, toda aquela que um indivíduo está sujeito e que não seja resultado de uma aplicação médica ou ocupacional.

Em 1977, a ICRP-26 tentou comparar as mortes acidentais na indústria não causadas por radiação com as ocasionadas pela exposição à radiação para então estabelecer um limite e verificar se existia alguma relação (ICRP-26, 1977). Porém, a nível estatístico os dados não poderiam ser correlacionados, já que as mortes eram causadas mais por acidentes de trabalho e outros acidentes do que por acidentes radioativos. Estudos feitos a partir dos acidentes nucleares ocorridos e os seus conseqüentes danos ao sistema biológico humano, levaram ao estabelecimento de níveis referenciais (ICRP-26, 1977).

A ICRP-60 classifica a tolerância da exposição ocupacional em três termos:

- a) Inaceitável- Indica que a exposição não seria aceitável como em uma exposição ocupacional;
- b) Tolerável- Não é bem vinda, mas pode ser razoavelmente tolerada;
- c) Aceitável- Pode ser aceita sem melhorias.

A ICRP em sua publicação 60 (ICRP-60, 1990) recomenda como limite de dose média 20 mSv por ano, onde a dose avaliada em um período de 5 anos deve ser de 100 mSv, não devendo ultrapassar o valor de 50 mSv em um ano de exposição. Para as mulheres grávidas, a ICRP-60 recomenda que, a exposição ocupacional não pode ultrapassar o limite de dose de 2 mSv na região do abdômen durante toda a gravidez.

No caso de exposição médica as doses recebidas devem ser reduzidas ao máximo possível sem que prejudique o diagnóstico ou o tratamento da paciente.

Para os indivíduos do público, essa publicação classifica como grupo crítico o grupo de pessoas que se expõe a uma fonte freqüentemente. Por exemplo, a exposição de indivíduos que residem próximo a minas naturais de urânio ou a exposição ao rejeito radioativo. De acordo com essas recomendações, a dose no caso de exposição pública não deve ultrapassar 1 mSv, podendo ser maior desde que a média da dose em 5 anos não ultrapasse 1 mSv. A Tabela 2, a seguir, resume os limites de doses para diferentes tipos de exposições.

Tabela 2: Limites de doses para exposições: ocupacional, médica e pública. (Fonte: Publicação da ICRP 60)

Limites de doses	
<b>Para a exposição ocupacional:</b>	<b>Limites:</b>
Indivíduo	100 mSv em 5 anos não excedendo 20 mSv/ano
Cristalino	150 mSv/ano
Pele para exposições localizadas	500 mSv em 1 cm <sup>2</sup> de área
Mulheres grávidas	2 mSv durante toda a gravidez
<b>Para a exposição médica:</b>	
Indivíduo	Levar em consideração o benefício ao paciente
Mulheres grávidas	É evitada a menos que absolutamente necessária
<b>Para a exposição pública</b>	
Indivíduo	1 mSv em 1 ano
Cristalino	15 mSv em 1 ano
Pele em exposições localizadas	50 mSv em 1 cm <sup>2</sup> de área

Tomando por base ainda as recomendações da publicação 60 da ICRP, durante o tratamento na radioterapia a avaliação da dose recebida pelo paciente é de importância crítica. Ou seja, a dose na radioterapia deve ser otimizada correlacionando a sua prescrição com o benefício ao indivíduo.

Quanto à radioproteção, a ICRP-60 recomenda a instalação de um sistema para monitoração de toda a estrutura organizacional e os procedimentos a serem seguidos. Um eficiente sistema de arquivo, deve ser estabelecido para guardar o registro de tratamento de cada paciente, facilitando em caso de retorno a busca por informações relativas ao procedimento utilizado e ao planejamento da dose estipulada. Estes dados devem ser arquivados por cerca de 10 anos, sendo guardados os resumos dos tratamentos por várias décadas.

Em situações de emergência deve ser seguido um planejamento operacional. Se a emergência ocorrer no ambiente interno, a gerência de operação é responsável pelo controle do acidente. Caso ele se estenda para o ambiente externo, uma agência regulatória ficará responsável pela ação de emergência.

Com base nestas observações, para a execução deste projeto, procurou-se, primeiramente estudar as condições de operação do sistema de braquiterapia tipo HDR empregado no Centro de Radioterapia de Pernambuco (CERAPE), bem como o sistema de planejamento que acompanha este equipamento. Assim, no capítulo seguinte, esses dois tópicos são abordados.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

## CAPÍTULO III

### MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada no serviço de braquiterapia de alta taxa de dose funciona desde Outubro de 1998 com atendimento em torno de 540 pacientes até maio de 2000, tratando cerca de 10 pacientes ao dia. Centro de Radioterapia de Pernambuco – CERAPE. Este centro se localiza no Hospital do Câncer de Pernambuco, Instituto de Supervoltagem Ivo Roesler - IRSIR localizada no Real Hospital Português de Pernambuco e IRWAN, localizada no Hospital São Marcos.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram feitos estudos com pacientes encaminhados ao serviço de radioterapia do Hospital do Câncer de Pernambuco, Centro de Radioterapia de Pernambuco (CERAPE). Nestes pacientes foram diagnosticados câncer de colo do útero, os quais eram submetidos a teleterapia e encaminhados para a braquiterapia.

Em geral, o protocolo de tratamento das pacientes estudadas consistia de doses de 600 cGy até 700 cGy no ponto de referência "A" de modo fracionado, (vide anexo III). Lembrando que 1 cGy equivale a  $10^{-2}$  Gy. O tratamento de câncer de colo do útero foi dividido, em cada paciente, em quatro seções, totalizando uma dose de até 2800 cGy ao termino da terapia. Pela característica da metodologia de tratamento é recomendável que a paciente permaneça em regime ambulatorial

### 3.1-Unidade de tratamento

O CERAPE utiliza um equipamento remoto de alta taxa de dose, o microselectron-<sup>192</sup>Ir HDR, produzido pela Nucletron Inc na Holanda. A fonte de <sup>192</sup>Ir ira tratar paciente através de aplicadores específicos e após o seu uso será armazenada na unidade remoto, possuindo uma atividade inicial de cerca 10 curries. Esta fonte é utilizada por um máximo de três meses devido ao seu decaimento e conseqüente diminuição de sua atividade.

A unidade remoto fica na sala de tratamento próximo à cama ginecológica, o robô está interligado através de cabos a uma caixa de junção que a conecta à unidade de controle na sala de tratamento, aos botões de emergência, à porta, etc. Interligando todo o sistema e garantindo uma maior segurança. A espessura da blindagem feita por chumbo é de 5 mm, visto que sua camada semi-redutora é de 2,5 mm.

Uma parede blindada situa-se próximo à porta, dando uma conformação em L e protegendo-a do completo espalhamento da radiação.

O robô possui rodas com travas para facilitar o seu transporte, tem como medidas 0,663 m por 0,41 m na sua base; com 0,885 m de altura com o elevador do cabeçote baixo, e com o cabeçote alto chega a 1,285 m. Seu peso é de 100 kg, onde a sua região mais pesada é o cabeçote por ser o local com blindagem para acondicionar a fonte. Portanto, ao deslocar a unidade remoto é aconselhável não elevar muito o cabeçote, devido ao risco da mesma cair. Na Figura 5, é apresentado um esquema do cabeçote do robô.

Com relação ao equipamento remoto, a temperatura ambiente da sala de tratamento é controlada de forma a permanecer em torno de 10 à 35 °C, sendo preferível mantê-la em um valor intermediário de 22,5°C. Assim como a temperatura, a umidade relativa do ar deve estar entre 30 % e 50 %, para que não ocorra o desgaste dos componentes eletrônicos do robô

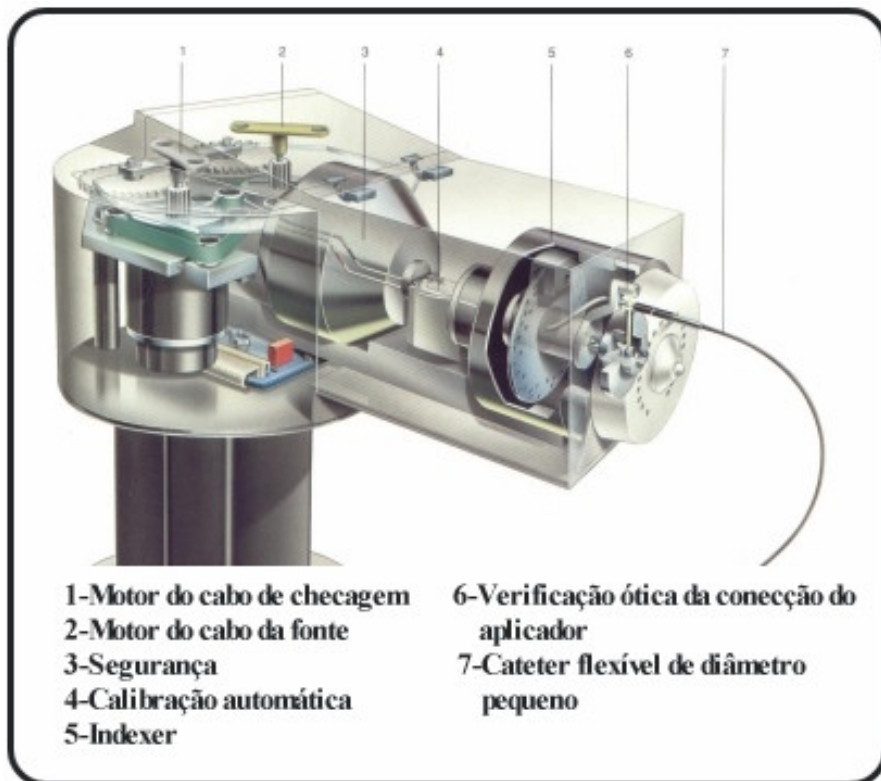


Figura 5: Esquema do cabeçote do Microselectron-HDR,  $^{192}\text{Ir}$ .

A fonte radioativa utilizada no Microselectron-HDR é o  $^{192}\text{Ir}$ . Ela é armazenada no cabeçote do equipamento tendo como blindagem chumbo e/ou urânio empobrecido\*. Resultando em uma exposição mínima para os profissionais durante a permanência na sala de tratamento.

A fonte tem a forma de uma semente “seed” muito pequena com uma atividade inicial de cerca de 10 curies, firmemente presa a um cabo flexível de aço que a conduz. Antes, uma fonte falsa “dummy source”, com todas as características dimensional semelhante a fonte verdadeira, percorre todo o cateter e o aplicador fazendo uma checagem prévia de todos os canais por causa de obstruções que possam vir a prejudicar o trajeto da fonte verdadeira. No

\* Urânio empobrecido- É o urânio que possui um percentual de  $^{235}\text{U}$  menor do que 0,7 % .



planejamento feito, as posições de parada e o tempo de parada da fonte são estabelecidas e calculados para efetivar o tratamento.

O computador de controle com os dados do planejamento, coordena o motor do microselectron-HDR e conduz a fonte aos seus locais de parada. Desta forma, tem-se a concretização do planejamento feito no sistema computadorizado, o qual calcula automaticamente a correção do tempo de parada devido ao decaimento da fonte.

Durante o tratamento de câncer do colo de útero por exemplo, a fonte faz o seu percurso com a ajuda do mecanismo de condução que a permite entrar no cateter 1, conectado ao aplicador do tipo anel inserido na paciente e em contato com o colo uterino, para nos locais determinados pelo cálculo do planejamento, retorna ao cabeçote, entre no cateter 2, conectado ao aplicador do tipo sonda intra uterina, para novamente nos locais determinados pelo cálculo, e retorne para o cofre no cabeçote. O local onde os cateteres são conectados a unidade remoto chama-se indexador, como pode ser observado na Figura 6 na próxima página.

A fonte é conduzida até o aplicador durante o tratamento através de um cateter fabricado com um plástico flexível, resistente e não dobrável. De acordo com o caso tratado, pode-se usar de um até dezoito cateteres presos a aplicadores ou a agulhas.

Na sala de tratamento dispõe-se de uma unidade de raios-X. Esta unidade deve ser calibrada através de dosimetrias regulares, para garantir uma boa qualidade das radiografias, as quais, servirão para a inserção das posições de parada da fonte e eixos de orientação para que seja efetuado o cálculo do planejamento pelo computador.

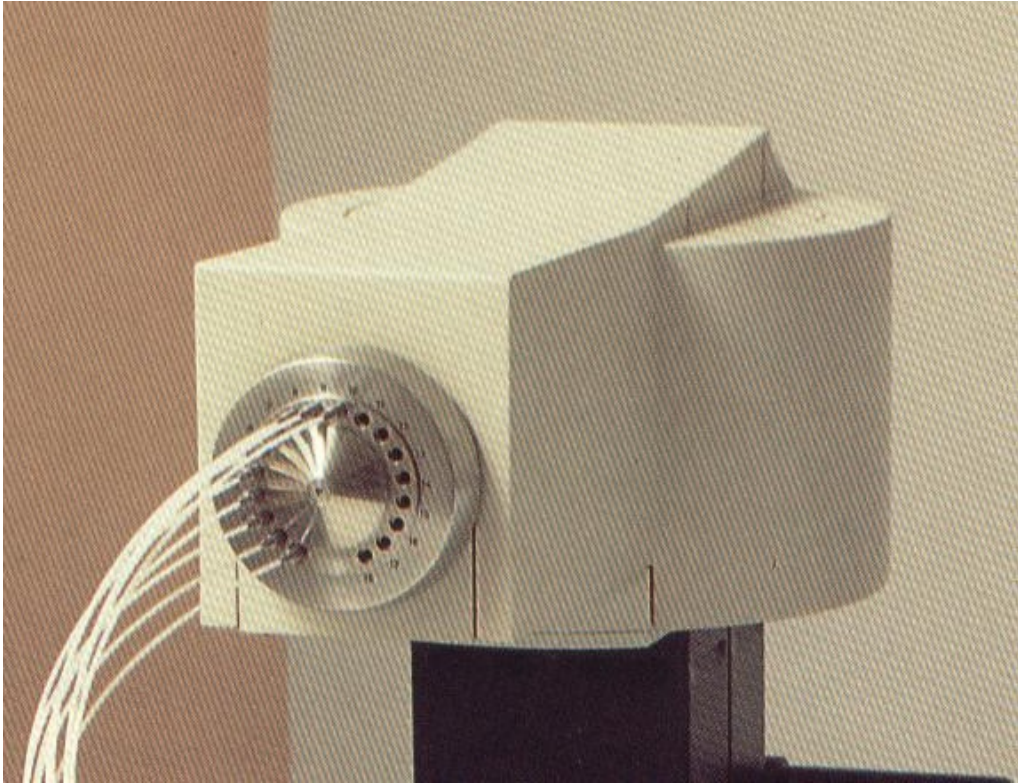


Figura 6: Em detalhe o indexador com cateteres conectados.

### 3.2-Sistema de planejamento do tratamento

Uma sala próxima à sala de tratamento acomoda um computador para efetuar o planejamento, uma mesa digitalizadora, um sistema de impressão e um outro computador que controla a unidade de tratamento. Conforme mostra a figura 7.

O computador do planejamento permite estudar cada caso otimizando a dose e o volume de tratamento, geralmente é utilizado os sistemas IBM/DOS/WINDOWS ou UNIX PLATFORM. Os dados são inseridos no computador de planejamento através de uma mesa digitalizadora por meio de pontos de referência marcados em uma radiografia da região a ser tratada. Pontos de referência: da bexiga, do reto e dos aplicadores são digitalizados e desta forma colocados no programa para que seja efetuado o cálculo das isodoses.

A radiografia deverá ser feita na sala de tratamento após a colocação dos aplicadores na paciente, utilizando as fontes falsas (dummy sources) para simular o tratamento.

O planejamento consiste na otimização das curvas de isodose de acordo com a dose e o volume a ser tratado. Ao planejar as posições de parada da fonte, todo o planejamento é gravado em um cartão eletrônico ou disquete, o qual levará as informações armazenadas para o microcomputador que controla a unidade de tratamento, onde irá comandar o microselectron-HDR para iniciar a verificação do(s) cateter(es) e do(s) aplicador(es) do trajeto com um check cable\* (cabo de checagem), antes da saída da fonte, certificando o canal por onde a fonte irá percorrer.

---

\* Check cable: Cabo de aço similar ao da fonte que verifica a integridade do trajeto ao ser percorrido pela fonte.



Figura 7: Sistema computadorizado de planejamento do tratamento.

A tela do monitor do microcomputador que controla a unidade de tratamento mostra o posicionamento da fonte, assim como as contagens referentes ao tempo de irradiação, tempo de parada da fonte e tempo total de tratamento. Ao término do tratamento, surge um sinal luminoso e sonoro durante alguns segundos. Caso todo o tratamento tenha transcorrido sem problemas, após terminar a inserção da fonte, o radioterapeuta deverá retirar os aplicadores e certificar se o estado clínico do paciente é satisfatório para que ele possa ser liberado para retornar à sua casa.

### **3.3-Garantia da qualidade na braquiterapia de alta taxa de dose**

Para o desenvolvimento do controle de qualidade aplicado às condições operacionais a associação Americana de Físicos em Medicina (AAPM) e o Comitê de Terapia com Radiação definem qualidade e segurança no tratamento em oncologia da seguinte forma:

“Garantia da qualidade é definida como todos aqueles planos ou ações sistemáticas necessárias para um produto ou um serviço que irá satisfazer as exigências da qualidade. Controle de qualidade é definido como técnicas e atividades operacionais usadas para cumprir as exigência da qualidade.”(c.f. Nag, 1997). Com base nesta filosofia procurou-se adaptar um protocolo que atendesse às necessidades de um serviço de radioterapia.

Em uma clínica de radioterapia um eficiente controle de qualidade é de suma importância para garantir e viabilizar a aplicação da dose em todo o volume de tratamento, levando sempre em consideração a necessidade do paciente, o seu bem estar e o resultado após o tratamento.

Além de garantir a dose ao paciente, um eficiente programa de controle de qualidade inviabiliza a ocorrência de acidentes, por meio de um controle eficaz e seguro. Um programa de garantia da qualidade deve abranger os seguintes aspectos:

- Sistema de tratamento;
- Sistema de planejamento e
- Os procedimentos durante e após o tratamento do paciente.

Além disso, são característicos de cada serviço de radioterapia a implementação de outros testes diários, semanais, mensais e periódicos, onde devem ser enquadrados em suas necessidades vigentes.

### **3.3.1-Garantia da qualidade no sistema de planejamento**

Essa etapa busca evitar erros no planejamento, testes periódicos no sistema devem ser efetuados. Além destes testes, deve-se ficar atento a qualquer alteração no programa levando a erros no planejamento, apesar de existirem comandos para situações de emergências.

Deve-se verificar se o papel do planejamento impresso reproduz na íntegra os dados do computador, bem como checar o sistema de gravação do cartão.

### **3.3.2-Garantia de qualidade no sistema de tratamento**

A qualidade no planejamento do tratamento do paciente é fundamental para a certeza de que todo o volume tumoral, assim como a margem em torno do tumor, seja completamente irradiada com uma dose recomendada para que o tratamento tenha uma resposta satisfatória.

Após a inserção dos aplicadores pelo radioterapeuta na paciente, deve-se fazer a simulação e o planejamento do tratamento, seguidos da colocação dos dados relativos ao posicionamento dos aplicadores e às fontes falsas, para que possam ser verificadas as curvas de isodose em torno de todo o volume.

Para que a simulação seja feita, o equipamento de raios-x deve estar devidamente calibrado e revisado em intervalos regulares, porque, o mesmo é responsável pelas radiografias do paciente que são digitalizadas e inseridas no software, mediante estas imagens o físico utilizará os recursos do programa para calcular e otimizar o planejamento.

Antes de iniciar todo o tratamento, deve-se certificar que o cateter proveniente da unidade de tratamento esteja conectado com o aplicador da paciente e o indexador travado. Após o tratamento, deve ser checada com um contador Geiger-Müller a unidade remoto e os aplicadores, para a certificação do recolhimento da fonte, com um contador de radiação, assim como se ao retirar o aplicador não ficou no paciente o suporte que apoia o anel e fica em contato com o colo uterino.

Semanalmente, o físico deve revisar se todos os planejamentos feitos estão devidamente arquivados, atentando a erros e possíveis perdas na gravação dos mesmos.

### 3.3.3-Garantia de qualidade nos procedimentos durante o tratamento do paciente

O paciente ao chegar em um serviço de radioterapia normalmente desconhece todo o tratamento que irá enfrentar, gerando com isso medo, desconfiança e nervosismo.

As pacientes devem ser sedadas algum tempo antes do início para que tenham tempo suficiente de diminuir a tensão permitindo que a colocação dos aplicadores seja feita sem transtornos com calma e tranquilidade pelo radioterapeuta. Quando a paciente encontra-se nervosa, ela contrai toda a musculatura vaginal, impedindo assim colocação dos aplicadores e o seu posicionamento o quanto ao eixo no suporte de fixação à mesa.

Um acompanhamento antes, durante e após o tratamento é muito desejável, já que contribui para o sucesso desde o planejamento até o término da inserção da fonte.

Quando uma paciente faz o tratamento de modo tranqüilo, ela relata as outras encorajando-as a fazê-lo. Todavia, se a paciente tiver uma má impressão do tratamento ela irá atemorizar as outras causando um pânico psicológico com relação ao tratamento.

Portanto, neste instante um bom suporte psicológico é de vital importância para o sucesso do tratamento.

Como foi citado no início do trabalho, tem sido verificado a ausência e, por conseguinte, a necessidade de um protocolo para implementação dos tratamentos de braquiterapia. Em geral, sugestões são apresentadas oriundas de diversas fontes (Nucletron; Nag, 1997; etc). É possível então inferir que o tempo de adaptação do físico-médico a uma rotina de tratamento é mais ou menos longa a depender da experiência do mesmo.

Embora existam procedimentos básicos a serem seguidos, independentemente da peculiaridade do serviço, essa adaptação e constante reavaliação das atividades do físico-médico pode ser otimizado quando da existência de um ponto de partida.

Com base o exposto, foram investigadas as metodologias empregadas para a execução dos tratamentos de braquiterapia tipo HDR, ou seja;

- Testes de controle de qualidade a serem efetuados de modo diário e trimestral;
- Dosimetria da fonte de  $^{192}\text{Ir}$ ;
- Avaliação das doses em órgãos como o reto e a bexiga o devido ao posicionamento das pernas da paciente durante todo o tratamento.

Os quais, serão abordados no capítulo seguinte.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**



# **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste capítulo, serão abordados os aspectos relacionados com o controle de qualidade na braquiterapia de alta taxa de dose. Enfatizando a qualidade no sistema operacional e nos procedimentos que envolvem o tratamento da paciente.

## **PARTE 1 - SISTEMA DE BRAQUITERAPIA**

No sistema operacional de braquiterapia, serão descritos testes a seguir de controle de qualidade a serem executados de forma sistemática e periódica contribuindo para garantir uma maior confiabilidade ao sistema de tratamento.

### **4.1 - Testes de controle de qualidade a serem efetuados de modo diário e trimestral**

Durante estágio realizado no Centro de Radioterapia de Pernambuco (CERAPE), houve o acompanhamento tanto dos tratamentos das pacientes, quanto das atividades dos físicos em medicina com a monitoração de área e de equipamentos. Desse acompanhamento verificou-se que poder-se-ia otimizar essas atividades, com base na sistematização de alguns procedimentos.

Diariamente, ao iniciar o trabalho com o microselectron-HDR, o físico deve seguir uma rotina básica para o bom desempenho do equipamento, como descrito a seguir:

### **a)Verificação da temperatura ambiente da sala de tratamento**

Ao entrar no serviço de alta taxa de dose deve-se verificar a temperatura ambiente na sala de tratamento deve ser verificada. O ar condicionado deve ser regulado para manter a temperatura entre 18,0 °C e 22,5 °C. Caso contrário, é aconselhável posicionar o microselectron (robô) próximo à circulação do ar refrigerado durante aproximadamente 30 minutos, para que ele atinja a temperatura de funcionamento. Se houver o superaquecimento do robô, ao ligarmos o computador de controle, será indicado um "interlock" (ou alerta) e quais as providências a serem tomadas. A umidade e o aquecimento da sala em demasia podem prejudicar os componentes eletrônicos e o robô fica susceptível a falhas durante o tratamento.

### **b)Ligar Sistemas de computadores**

O sistema de computadores deverá ser acionado para fazer checagens antes de entrar na tela de tratamento. Se durante essas checagens houver algum problema, uma mensagem de erro será sinalizado, bem como o procedimento a seguir. No caso de tudo estar em ordem, deve-se iniciar em "log in" na tela inicial.

### **c)Testes para avaliações das condições de funcionamento do sistema**

A frequência de alguns testes deve ser obedecida, porém cada serviço de radioterapia, baseado em testes recomendados através de normas, deve adaptar-se aos procedimentos rotineiros e desenvolver um protocolo que se aproxime o máximo possível das suas necessidades.

Durante esta pesquisa, foi observado que a execução dos testes sugeridos pelo fabricante poderia ser feita de forma mais simples, sem detrimento da qualidade. Assim, os itens sugeridos a seguir foram adaptados a partir das recomendações do fabricante e da necessidade do serviço (no caso, o serviço de alta taxa de dose do Centro de Radioterapia de Pernambuco - CERAPE).

Os testes sugeridos por este trabalho são os seguintes:

- **Integridade do computador de planejamento.** Verificação do programa de planejamento se está apto para fazer os planejamentos das pacientes.
- **Integridade do computador controle da unidade remota.** Verificação se todas as checagens feitas pelo software permitem o funcionamento da unidade de tratamento.
- **Data, hora, atividade atual da fonte no computador de planejamento e de tratamento.** Deve-se comparar estes dados que devem ser iguais nos dois computadores para evitar erros no planejamento e na sua execução.
- **Sistema audio-visual.** Este sistema situado na sala de planejamento, deve mostrar a paciente dentro da sala de tratamento e permitir ouvir qualquer ruído.
- **Sistema luminoso da porta.** Verificar se as lâmpadas vermelha, que indica o início do tratamento, e verde, que indica o seu término, estão acendendo de acordo com a situação descrita.
- **Aplicadores de tratamento.** Deve-se averiguar a integridade dos aplicadores, se estão deformados e se foram lavados e guardados com ou sem a tampa que os protegem contra a entrada de água. Caso entre água no aplicador, por exemplo, o cabo de checagem (check cable) não permitirá que o tratamento seja efetuado.
- **Cateteres condutores da fonte.** Deve-se averiguar visualmente se os cateteres não foram dobrados e permanecem íntegros, caso contrário o cabo de checagem não permitirá o trânsito da fonte.
- **"Container" de emergência.** Este "container" é utilizado para a colocação da fonte em caso de acidente, permitindo a retirada da paciente da sala reduzindo sua exposição e do staff..
- **Funcionamento do Geiger-Müller.** Deve-se testar a bateria do contador, o sinal sonoro e o seu funcionamento. Ele deve ser deixado do lado de fora da sala de tratamento e em local de fácil acesso. Após cada tratamento, é aconselhável entrar com o contador, para verificar o recolhimento da fonte, do aplicador para o cofre.
- **Bateria da unidade remota.** Verificar se a bateria do microselectron está carregada.
- **Suporte de fixação dos aplicadores** na mesa. Este suporte é responsável pelo alinhamento dos aplicadores e sua fixação na mesa.

### **Régua de checagem.**

- **Utilização da régua de checagem para verificar se a fonte está parando no mesmo local.** Esta régua deverá ser conectada ao cateter e ao indexador para conferir a posição de parada da fonte.

### **Indexador.**

- **Verificar se a integridade do indexador.** Certificar que a fonte não será liberada pelo robô se ocorrer a troca de canais no indexador.
- **Recolhimento da fonte.** Deve-se observar o funcionamento do botão de interrupção do tratamento.
- **Conexão do cateter com a régua de checagem.** Verificar se o plug de contato do cateter com o aplicador/régua está íntegro.

A Tabela 3 a seguir, resume os testes diários a serem efetuados:

Tabela 3: Testes diários.

<b>Testes diários</b>		<b>Físico:</b> _____
<b>Equipamento: Microselectron-HDR <sup>192</sup>Ir</b>		<b>Data:</b> ____/____/____
<b>Checar:</b>	<b>Situação</b>	<b>Comentários:</b>
Integridade do computador de planejamento.		
Integridade do computador controle da unidade remoto.		
Sistema audio-visual.		
Sistema luminoso da porta da sala de tratamento.		
Aplicadores do tratamento.		
Cateteres condutores da fonte.		
Container de emergência.		
Funcionamento do Geiger-Müller.		
Bateria da unidade remoto.		
Data, Hora, Atividade atual da fonte no computador de planejamento e do computador de tratamento.		
A trava dos canais (indexador)		
Troca de canais		
Botão que interrompe o tratamento distância da régua		
Conexão com a régua de dosimetria		
Suporte de fixação dos aplicadores com a mesa.		

#### 4.1.1 - Seleção de testes trimestrais para a alta taxa de dose

Além dos testes diários é aconselhável estabelecer um controle trimestral, que inclui a dosimetria do sistema no instante da substituição da fonte, bem como um levantamento radiométrico.

Todos os procedimentos de verificação do perfeito funcionamento do microselectron devem ser catalogados e arquivados para futuras averiguações. Todas as situações de erros decorrentes de danos causados ao equipamento e/ou falhas provenientes do sistema computadorizado, do sistema remoto, ou dos componentes do sistema devem ser relatadas ao fabricante, catalogadas e anotadas em um livro de ocorrências radiológicas.

Para tanto, os seguintes itens devem ser observados:

- Verificação da atividade atual e comparar com o decaimento da atividade da fonte registrado no programa de software;
- No caso de reposição da fonte, deve ser verificada a integridade do cabeçote para estabelecer o nível de exposição na sala de tratamento;
- Calibração do equipamento de raios-X;
- Verificar a coincidência do campo luminoso com o campo radioativo, para o equipamento de raios-X;
- Verificação da acurácia do cálculo da dose nos pontos selecionados pelo sistema computadorizado, e comparar com o cálculo efetuado manualmente (Killian *et al.*, 1988);
- Certificar avaliação da eficácia quanto a transferência dos dados via cartão ou via discos magnéticos; e
- Checagem da integridade de todo o sistema computadorizado, do microcomputador que controla a unidade remoto e do sistema de alarme.
- Autorradiografia. Fazer a radiografia do aplicador com a fonte falsa(dummie source) e expor a fonte durante 1 ou 2 seg. em seguida.

Neste contexto, foi criada uma lista dos itens citados a partir das recomendações feitas pelo fabricante (Nucletron report n°2, 1993), a qual é apresentada na tabela 4.

Esta combinação de procedimentos resultará a imagem do aplicador com a fonte falsa e da parada da fonte no local determinado pelos cálculos. Possibilitando checar se a fonte está parando na distância referente ao comprimento do cabo de aço.

Tabela 4: Testes trimestrais.

<b>Testes Trimestrais</b>		<b>Físico:</b> _____
<b>Equipamento: Microselectron-HDR <sup>192</sup>Ir</b>		<b>Data:</b> ____/____/____
<b>Checar:</b>	<b>Situação</b>	<b>Comentários:</b>
Integridade de operação da unidade remota.		
Integridade de todos os sistemas de emergência.		
Interlocks do computador controle da unidade remoto.		
Posicionamento da fonte.		
Interlock da sala de planejamento.		
Integridade dos chassis para as radiografias.		
Integridade dos aplicadores.		
Integridade da transferência dos dados, via disquete.		
Integridade do equipamento de raios-X.		
Levantamento radiométrico		
Calibração da fonte devido à sua substituição		
Conexão do cateter com o aplicador e unidade remoto.		
Integridade do sistema manual de recolhimento da fonte da unidade remoto.		
Autoradiografia		

## **PARTE 2 - TRATAMENTO DA PACIENTE**

Durante o tratamento, o controle de qualidade com relação ao paciente aborda alguns aspectos relevantes ao procedimento. No planejamento deverá ser avaliado as doses em órgãos circunvizinhos na dependência de fatores inerentes ao tratamento, assim como o acompanhamento psicológico da paciente. Estes aspectos, descritos nos itens a seguir, contribuem para qualidade do tratamento.

### **a) Conferência do nome da paciente**

Deve-se verificar o nome da paciente a ser tratada, atentando para que não haja troca de nomes, e conseqüente troca do planejamento.

### **b) Preparar o equipamento de raios-X**

Após a colocação do(s) aplicador(es) na paciente, deve-se posicionar o equipamento de raios-X e fazer as radiografias antero-posterior e lateral.

### **c) Marcar os pontos de referência nas radiografias**

A partir das radiografias obtidas, deve-se marcar os pontos de referência do aplicador na radiografia, anel e sonda ou cilindro, marcar os pontos para fazer o "setup", marcar os pontos de bexiga e reto.

### **d) Planejamento das distribuições de doses no volume alvo e regiões circunvizinhas**

Várias clínicas de radioterapia utilizam a dosimetria computadorizada, onde é possível rapidamente avaliar as curvas de isodoses decorrentes do posicionamento das fontes, objetivando uma distribuição homogênea da dose no volume de tratamento.

Concluída a avaliação pelo radioterapeuta, o físico deve dar andamento ao cálculo, iniciando pelas radiografias obtidas da paciente. Através das radiografias os pontos



referenciais dos aplicadores serão digitalizados e de órgãos críticos (reto e bexiga). Após concluir o planejamento com a avaliação das curvas de isodoses e das doses no reto e na bexiga, inicia-se o tratamento.

O êxito do tratamento depende diretamente dos procedimentos clínicos e físicos. Algumas etapas são seguidas desde a primeira consulta do paciente, até o início do tratamento (Nag, 1997).

O radioterapeuta deve fazer avaliações do local a ser tratado para possibilitar ao físico efetuar o cálculo da dose no volume alvo. Assim como, a prescrição da dose a ser efetuada no tratamento da paciente. Posteriormente a estas avaliações é realizado, pelo físico, o planejamento da distribuição de dose no volume alvo e das regiões circunvizinhas.

A seguir são descritos alguns itens relacionados com o tratamento da paciente do seu início ao seu término.

#### **a)Transferência do resultado do planejamento para o sistema de controle do robô**

Gravar o planejamento da paciente no disquete, com cuidado nos dados referentes ao número da paciente e qual a inserção (A - 1<sup>a</sup> inserção; B - 2<sup>a</sup> ; C - 3<sup>a</sup> ou D - 4<sup>a</sup>), e transferir para o computador de controle da unidade remota para o início do tratamento.

#### **b)Conectar o(s) cateter(es)**

Conectar os cateteres no indexador do microselectron e ao(s) aplicador(es), travando o indexador.

#### **c)Fechar a sala de tratamento**

Fechar a sala de tratamento.

#### **d)Iniciar o tratamento**

Iniciar o tratamento (tecla start no painel de controle) e verificar o resultado do "check cable" que percorrerá todo o caminho que a fonte fará. Logo em seguida, a fonte iniciará o seu percurso.

#### **e)Observar a paciente**

Durante todo o tratamento, deve-se supervisionar (monitorar) o comportamento da paciente, através do sistema audio visual durante o tratamento, interrompendo o mesmo se a paciente não se mantiver parada. Normalmente, a paciente é medicada no sentido de evitar tal incidente. Em alguns serviços de radioterapia, dependendo da situação clínica, da idade e/ou do estado emocional da paciente, aplica-se uma anestesia. Em alguns casos, pode-se não administrar medicamento algum, a depender do acompanhamento da paciente quando da inserção dos aplicadores.

Os itens a seguir descrevem os procedimentos ao término do tratamento da paciente.

#### **a)Término do tratamento**

Ao término do tratamento o físico irá desconectar o(s) cateter(es) e o radioterapeuta acompanhado da(s) enfermeira(s), irão retirar os aplicadores da paciente, neste instante deve-se ter cuidado para não ficar na vagina o suporte plástico de apoio do aplicador anel.

Em muitos casos, observa-se que a execução dessa etapa, por outros profissionais de saúde, pode acarretar danos ao paciente e/ou ao equipamento.

#### **b)Repouso da paciente**

O corpo de enfermagem irá conduzir a paciente ao leito para repousar durante algum tempo, e em seguida retornar para casa com o acompanhante.

### c)Registros da paciente

Todos os registros de tratamento da paciente, tais como o resumo impresso pelo sistema de planejamento, o resumo impresso pelo sistema computadorizado de controle da unidade remoto e os dados pessoais da paciente, devem ser arquivados.

A seguir é apresentado um resumo das atividades na tabela 5.

Tabela 5: Resumo das atividades envolvidas no tratamento.

<b>Parte I - Sistema de braquiterapia</b>
1 - Verificar a temperatura ambiente da sala de tratamento.
2 - Ligar os sistemas de computadores.
3 - Testes para avaliações das condições de funcionamento do sistema.
<b>Parte II - Tratamento da paciente</b>
1- Verificar o nome do paciente antes de iniciar o tratamento.
2 - Posicionar o equipamento de raios-X.
3 - Marcar os pontos de referência nas radiografias.
4 - Calcular a dose no volume alvo.
5 - Transferir o planejamento para o computador de controle da unidade remota.
6 - Conectar o(s) cateteres e travar o indexador.
7 - Fechar a sala de tratamento.
8 - Iniciar o tratamento.
9 - Observar a paciente.
10 - Concluir o tratamento.
11 - Repouso da paciente.
12 - Registro da paciente.

## 4.2- Dosimetria da fonte de $^{192}\text{Ir}$

Um programa de controle de qualidade engloba uma variedade de procedimentos, descritos em seções anteriores. Testes de controle das atividades diárias devem ser catalogados e arquivados para que possam ser reconstruídos e analisados quanto ao desempenho de todo o sistema. Desta forma, é mais fácil identificar erros e problemas, mesmo que corriqueiros, conduzindo a atitudes que levem a uma solução. Nas tabelas 3 e 4, são sugeridos testes de controle de qualidade que resultam no bom desempenho do serviço. Estas Tabelas estão relacionadas com as necessidades de controle diário e trimestral encontradas pelo serviço correlacionando com os testes sugeridos pelo fabricante. A dosimetria da fonte, pode ser feita com o emprego da câmara de ionização do tipo poço (Henn,1999), Figura 8, devido à praticidade de seu manuseio e ao tempo gasto com a execução desta dosimetria. Trabalhos executados por Henn K.(1999), ao comparar a dosimetria feita com a câmara tipo poço e com o gabarito jig, apresentaram que os resultados dos cálculos são semelhantes.

Trabalhos desenvolvidos por Henn K. (Hen, 1999), mostraram que a dosimetria com a câmara tipo poço e com o sistema gabarito, proposto pelo fabricante, dão resultados dosimétricos semelhantes inferiores a 5% de diferenças.



Figura 8: Câmara do tipo poço.

### **4.3 - Influência do posicionamento das pernas da paciente durante todo o tratamento nas doses de órgãos críticos: reto e bexiga**

No planejamento de cada tratamento, o percentual de doses que atingem a bexiga e o reto constituem pontos de interesse para a distribuição das curvas de isodoses.

Doses elevadas nestes locais são causadoras de efeitos danosos que aparecem com o decorrer do tempo. No caso do reto, pode ocorrer proctite severa, necrose, fístula ou estenose, enquanto que na bexiga, pode provocar redução do seu volume e/ou cistite.

Fatores como, tamanho dos aplicadores, a diminuição do tamanho do tumor após a primeira inserção e posicionamento do conjunto de aplicadores, contribuem para um aumento da dose no reto e na bexiga. Estas avaliações de doses são apresentadas pelo programa utilizado para o planejamento.

Quando é feita a colocação dos aplicadores, as pernas da paciente estão elevadas, apoiadas pela parte posterior do joelho. Em alguns serviços de radioterapia a paciente permanece nesta posição até o término do tratamento. Já em outros serviços, a paciente tem suas pernas esticadas na mesa ginecológica após a colocação dos aplicadores e apoiadas com travesseiros, o que proporciona um certo conforto à mesma durante o tratamento. Com as pernas elevadas durante o tratamento ocorre o relato das pacientes, de dores, dormência e tremores devido ao tempo passado em uma posição incômoda.

Na avaliação dos tratamentos realizados em mais de 100 pacientes observou-se variação de doses no reto e na bexiga. Questionou-se então se há relação entre essa dispersão e o posicionamento das pernas da paciente. Para tanto, foram feitas radiografias da posição antero posterior (AP), e da lateral da paciente com as pernas elevadas, e radiografias da posição antero posterior (AP) e da lateral da paciente com as pernas esticadas na mesa ginecológica. Foi executado de forma convencional o planejamento para os dois casos descritos e os resultados analisados.

As figuras apresentadas a seguir (Figura 9 e Figura 10) apresentam a variação das doses no reto e na bexiga, nas 13 pacientes avaliadas.



Figura 9: Variação da dose no reto em cada paciente.

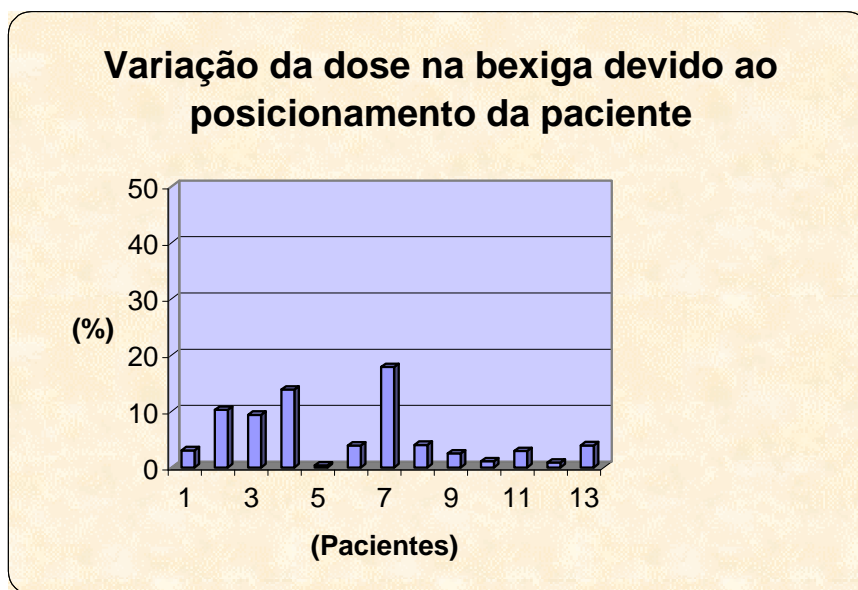


Figura 10: Variação de dose na bexiga em cada paciente.

Das 13 pacientes estudadas, o percentual de dose na bexiga em quatro destas pacientes (2, 3, 4 e 7) chegou a 18 % acima da média esperada. Este valor pode estar relacionado com a cirurgia de suspensão de bexiga e períneo, com a anatomia da paciente ou com a obesidade, sugerindo em estudo posterior, com uma quantidade maior de pacientes, buscando correlacionar o resultado obtido com os fatores citados acima. Para as outras nove pacientes, não foi observado uma variação muito significativa das doses.

As doses recebidas pela bexiga em doze casos foi menor quando a paciente mantinha as pernas esticadas na cama do que quando elevadas na mesa ginecológica. No caso do reto, dez das treze pacientes obtiveram doses menores com as pernas esticadas do que quando estavam elevadas.

Tabela 6: Doses recebidas pelo reto e bexiga devido ao posicionamento das pernas da paciente.

Paciente	Pernas elevadas Dose Reto (cGy)	Pernas elevadas Dose Bexiga (cGy)	Pernas esticadas Dose reto (cGy)	Pernas esticadas Dose Bexiga (cGy)
1	306,5	124,7	288,2	114,4
2	331,2	226,7	321,5	169,4
3	315,7	174,1	296,9	133,3
4	296,6	351,1	284,5	236,1
5	355,5	302,6	318,8	306
6	364,3	289,9	352,3	259,4
7	350,3	394,9	334,8	235,4
8	353,2	142,8	337,3	127,4
9	285,5	120	311,5	111,8
10	294,9	287	329,2	278
11	315,2	121,4	301,6	111,7
12	320	123,1	315,7	120,1
13	331,6	327,9	355,7	293,2

\*Todas as pacientes foram radiografadas, irradiadas nas duas posições.

Com base nestes resultados não há diferenças significativas nas doses recebidas pelo reto devido ao posicionamento das pernas da paciente, a qual pode fazer o tratamento com anel e sonda para o câncer do colo de útero tanto com as pernas elevadas, ou com as pernas completamente apoiadas na mesa. Deve-se levar em consideração nesse caso, a posição na qual a paciente se sente mais confortável para fazer todo o tratamento. O quanto as doses recebidas pela bexiga, a maioria, nove pacientes, não tiveram diferenças significantes devido ao posicionamento das pernas com exceção das quatro pacientes que apresentaram variações de no máximo 18 %.

A Figura 11, apresenta um esquema do tratamento e os pontos relacionados com o reto ( $P_2$ ) e a bexiga ( $P_1$ ), a partir da distribuição de dose em torno dos aplicadores anel e sonda.

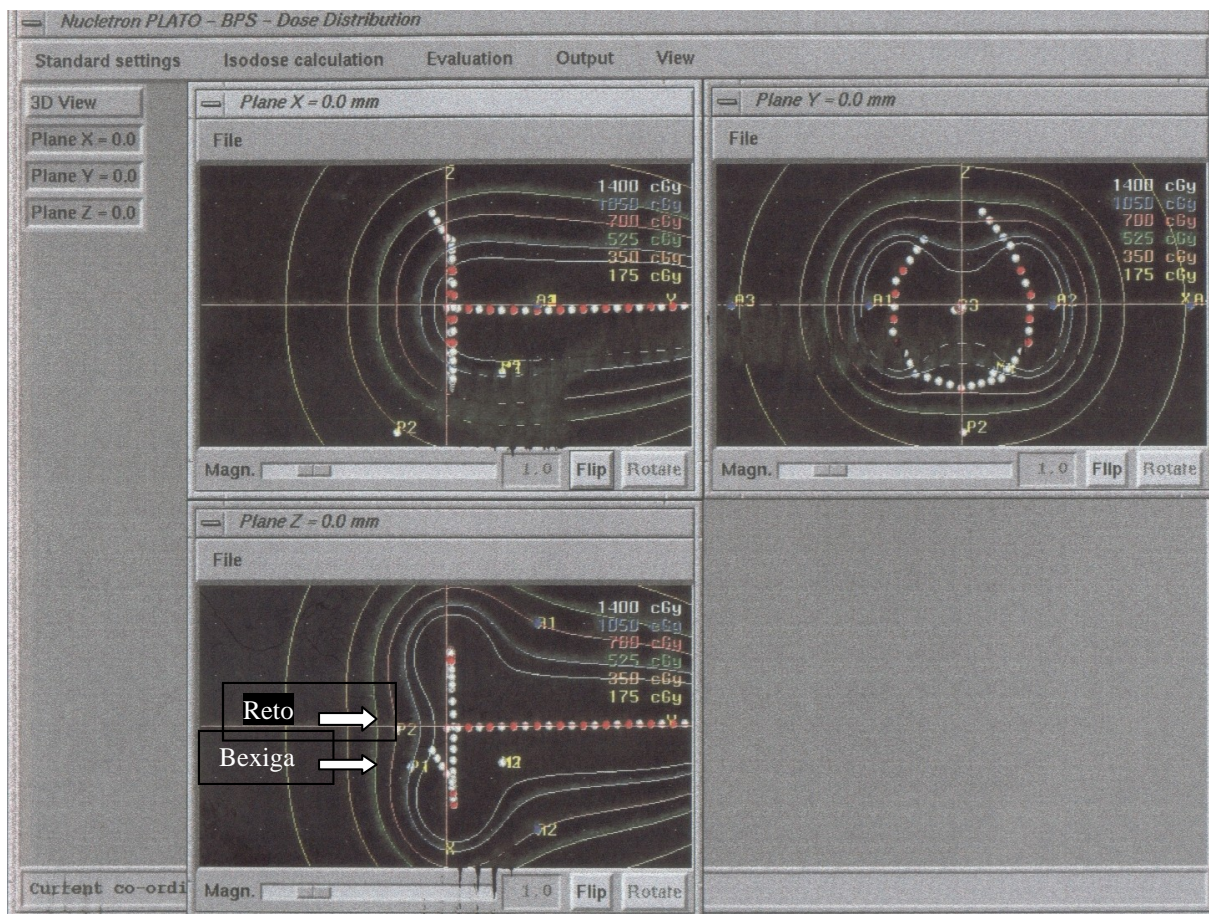


Figura 11: Tela correspondente à distribuição de dose em torno dos aplicadores. Observe os pontos  $P_1$  bexiga e  $P_2$  reto.



Como foi visto no capítulo 3, o programa de garantia da qualidade é dividido em três etapas: Garantia de qualidade no sistema de tratamento, no sistema de planejamento e nos procedimentos durante o tratamento da paciente. A garantia de qualidade nos procedimentos com o paciente deve ter um suporte psicológico para o seu acompanhamento, reduzindo as tensões, a depressão e a ansiedade, tão característicos em pacientes com câncer. Estes fatores podem vir a interferir no tratamento através do medo, do constrangimento, desconhecimento e nervosismo. Quanto mais calma e instruída a paciente estiver, melhor será o resultado de todo o procedimento feito com ele, desde a colocação dos aplicadores até a sua saída da clínica.

O acompanhamento da paciente por um psicólogo é aconselhável, visto que tranqüiliza a paciente dando um suporte e contribui para a obtenção de resultados favoráveis desde o início do planejamento até após o seu término, já que a paciente retorna para casa mais segura, e com maior confiança ao retornar na próxima semana para outra inserção.

Baseado nesta recomendação, um estudo realizado com vinte pacientes do CERAPE pelas psicólogas inicialmente, investigou qual a idéia que possuíam as pacientes a respeito do tratamento. Foi observado que 60 % das pacientes desconheciam o tratamento, 25 % tinham alguma idéia a respeito e 15 % possuíam informações distorcidas sobre todo o procedimento que seriam submetidas (figuram 12).

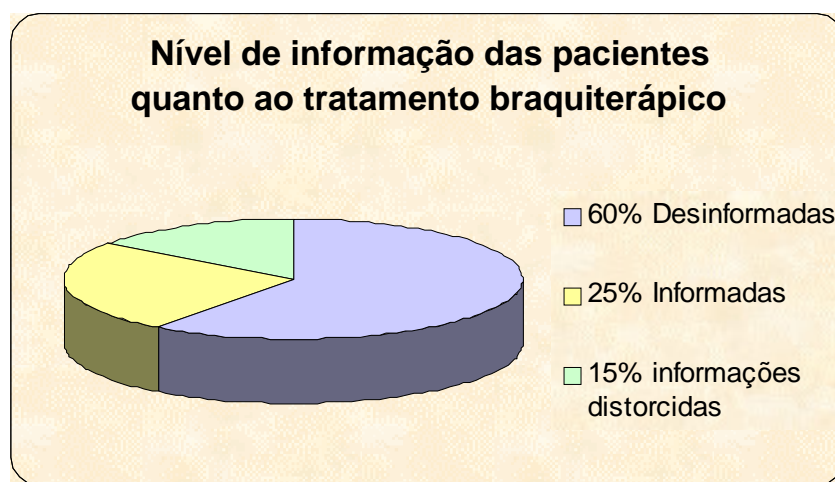


Figura 12: Gráfico referente à Informação das pacientes o quanto ao tratamento com a alta taxa de dose.

Além disso, na avaliação do estado emocional dessas pacientes, constatou-se que 60 % encontravam-se com alto nível de ansiedade e 40 % das pacientes estudadas tinham um baixo nível de ansiedade, conforme apresentado na figura 13.

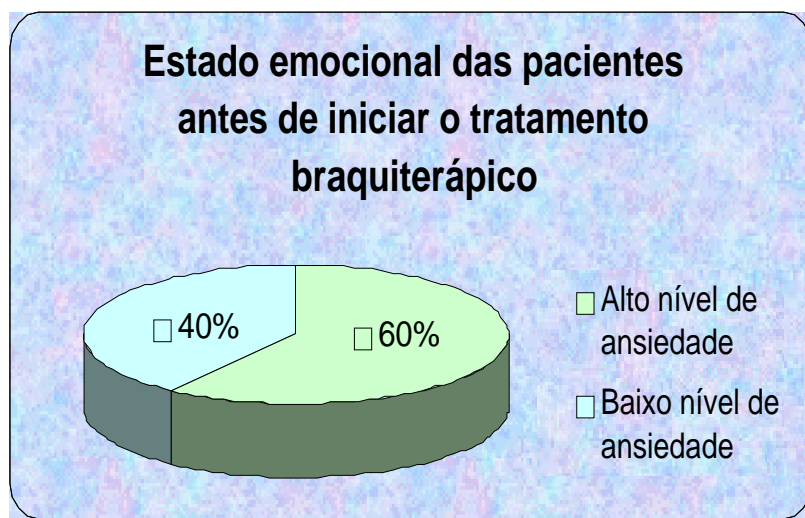


Figura 13: Gráfico apresentando o estado emocional de cada paciente antes do tratamento.

Das vinte pacientes, 55 % esperavam obter a cura, 25 % tinham dúvida quanto a esta questão, e 20 % não esperavam a cura e sim a sua melhora, conforme sintetizado na figura 14. Elas foram atendidas com entrevistas e apoio psicológico, e com a promoção de encontros entre pacientes novatas e antigas.

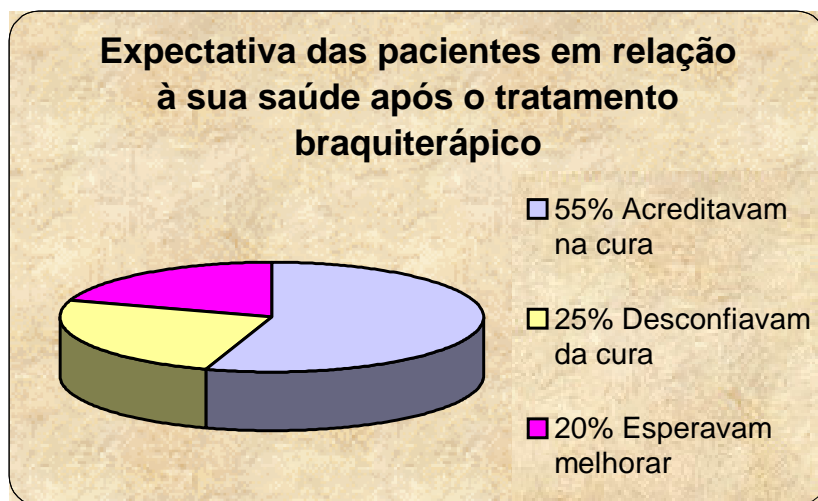


Figura 14: Gráfico apresentando os diferentes percentuais de credibilidade das pacientes quanto ao êxito do tratamento.

Desta forma, foi observado uma redução sensível do nível de ansiedade nas aplicações seguintes, havendo uma maior aceitação e colaboração da paciente em dar continuidade ao tratamento.

Foi observado que a descontração, a solidariedade e o sentido de amizade entre os profissionais e as pacientes conduzem à redução da prévia tensão nervosa ao tratamento e a um melhor relacionamento entre o médico responsável e a paciente, resultando na aceitação e êxito do tratamento de braquiterapia.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSÕES**

## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES

- 1) O protocolo de controle de qualidade sugerido neste trabalho resultou de uma pesquisa envolvendo tratamentos com braquiterapia de alta taxa de dose em pacientes portadores de câncer do colo de útero; sendo indicado no controle de qualidade de tratamento envolvendo o sistema microselectron-HDR. Apesar de ter sido obtido com base na rotina de trabalho do Centro de Radioterapia de Pernambuco (CERAPE), ele pode ser facilmente adaptado a outros centros de tratamento de câncer do colo de útero, mesmo que estes últimos utilizem outros tipos de equipamento.
- 2) No estudo das doses recebidas no reto e bexiga, órgãos clinicamente críticos, embora se tenha avaliado apenas 13 pacientes, observou-se que:
  - 2.1) As diferenças dos percentuais de dose recebida no reto em função do posicionamento das pernas da paciente não chegam a ser de 5 % com relação ao total, o que nos leva a concluir que o percentual de dose recebida no reto pode ser considerado independente do posicionamento das pernas da paciente.
  - 2.2) Das 13 pacientes estudadas, o percentual de dose recebida na bexiga chegou a ser de 18 % acima da média esperada, em quatro das pacientes (2, 3, 4, e 7), sendo os maiores valores obtidos quando as pacientes eram posicionadas com as pernas elevadas. Observando tanto a anatomia da paciente quanto sua ficha (dossiê), constatou-se que estas pacientes eram obesas e que haviam se submetido a uma intervenção cirúrgica para suspensão da bexiga ou de períneo, o que nos leva a pensar que esta seja talvez a principal causa da variação das doses devido à posição das pernas.

- 3) Constatou-se a importância do diálogo com a paciente no sentido de informar sobre o tratamento, uma vez que resultam numa maior confiança necessária para a obtenção do sucesso do tratamento.

## **SUGESTÕES**

## SUGESTÕES

Este trabalho está relacionado a um programa de controle de qualidade, e com a intenção que durante o tratamento, seja liberada uma dose efetiva no tumor, e tenha doses reduzidas em órgãos vizinhos, tais como o reto e a bexiga, para minimizar os danos.

Os efeitos danosos causados pelas doses recebidas durante todo o tratamento pelo reto e pela bexiga não foram avaliados neste trabalho. Este serviço de radioterapia iniciou a braquiterapia de alta taxa de dose em 08 de outubro de 1998 e atendeu cerca de 540 pacientes até a data próxima ao término deste trabalho, sendo o tempo restrito para estas avaliações, por esse motivo este estudo é sugerido para análise posterior dos efeitos das doses nestes órgãos a partir de uma implementação do programa de controle de qualidade motivo deste trabalho.



# **ANEXOS**

## Anexo I

### 1- O câncer ginecológico

Dentro das doenças neoplásicas que acometem o organismo feminino, o câncer ginecológico é a causa de muitas mortes devido principalmente a desinformação. Visto que, as neoplasias quando são diagnosticadas precocemente, permitem uma melhor qualidade de vida ao paciente.

Muitas mulheres desconhecem os seus órgãos ginecológicos dificultando, desta forma, a divulgação e compreensão da prevenção das neoplasias. Atualmente são feitas inúmeras campanhas educativas estimulando a prevenção de tais doenças, as quais qualificam o estado de Pernambuco em primeiro lugar no país em casos de câncer do colo de útero.

São seis os tipos de câncer ginecológico: o de colo de útero, o de ovário, o de endométrio ou corpo do útero, o da vulva e o de mama. Neste resumo não irei abordar o câncer de mama. Estes órgãos são apresentados na Figura 1, abaixo.

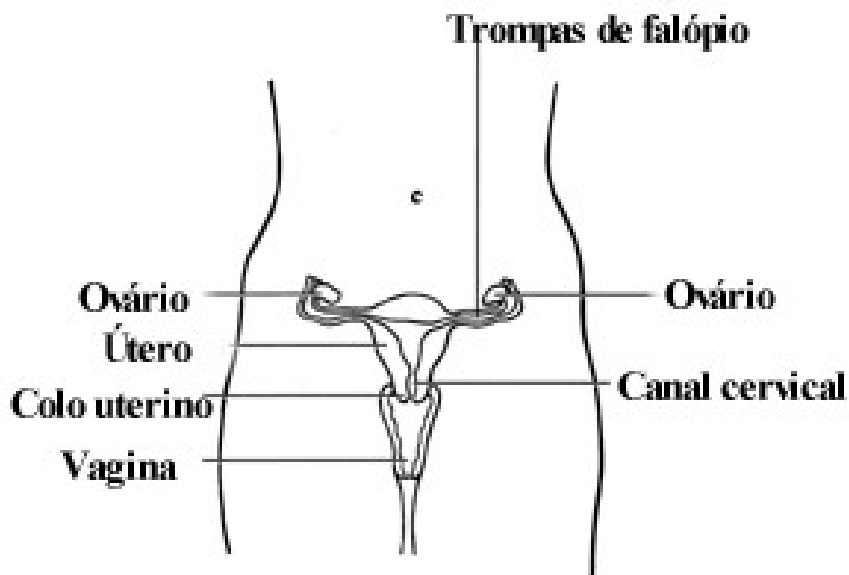


Figura 1: Esquema das gônadas femininas.

## 1.1- Câncer do colo de útero

O colo do útero está localizado no final da cavidade vaginal, sendo a única região deste órgão que pode ser examinada pelo ginecologista em uma consulta. Portanto, é o tipo de câncer ginecológico que pode ser diagnosticado de forma simples e indolor.

O câncer do colo de útero é responsável por cerca de 12 % das neoplasias das mulheres. A sua maior incidência é em mulheres com idade que varia de 48 até 52 anos. Porém, atualmente podemos observar um aumento nas taxas de mortalidade em mulheres com menos de 45 anos.

A origem do câncer de colo do útero não é totalmente conhecida, de acordo com as pesquisas atuais este tipo de câncer deve estar associado aos hábitos sexuais masculino e feminino. Sua incidência é rara nas virgens; em mulheres com situação sócio-econômica elevada e esclarecidas; e em mulheres que utilizam o diafragma e/ou a camisa de vênus como método preventivo à gravidez. De maneira contraditória, sua incidência é maior nas mulheres que iniciaram a sua vida sexual cedo; nas mulheres com muitos parceiros sexuais ou em mulheres casadas com homens com várias parceiras; nas mulheres com situação sócio-econômica baixa; em mulheres com parceiros sexuais não circuncizados; em mulheres com o hábito de fumar, e que usam de contraceptivos durante um longo período.

Em pesquisas recentes averigua-se a correlação entre a infecção, o paralelismo Papiloma vírus humano (HPV) e o vírus da hérpes simples tipo II (HSV2), devido ao aparecimento de formas invasivas na lesão do câncer do colo do útero, a qual está relacionada ao HPV 16 e 18. Cerca de 95 % ou 97 % das neoplasias ginecológicas são carcinomas das células epidermóides ou escamosas; e de 3 % à 5 % são adenocarcinomas, tumores indiferenciados e sarcomas.

O exame Papanicolau consta da coleta de células da superfície do colo do útero, assim como de células do canal cérvical.

O material colhido no epitélio é colocado sobre uma lâmina e corado, em seguida será fixado com uma solução alcóolica sendo esta levada para o exame microscópico.

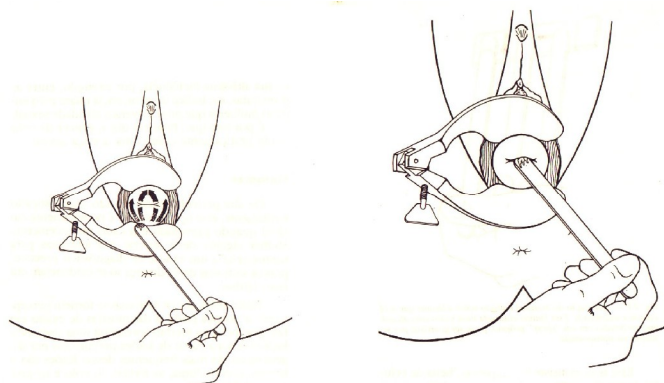


Figura 2: Exame preventivo (Papanicolau).

Tabela 6: Fatores de risco para o câncer do colo de útero (Fonte: Brinton e Franco, 1995).

<b>Fator de risco</b>	<b>Característica para alto risco</b>	<b>Característica para baixo risco</b>
Nível sócio e econômico	Baixo	Alto
Número de parceiros sexuais	Maior que 5	0-1
Idade da primeira relação sexual	Menor que 16 anos	Maior que 20 anos
Marido: Número de parceiras sexuais	Alto	Baixo
Paridade	Muitos filhos (12)	0-1
Tabagismo	Fumantes	Não fumantes
Infecção viral do colo:		
Papilomavírus	Sim	Não
Herpes simples	Sim	Não
Anticoncepcionais orais	Uso prolongado	Não
Imunodepressão	Sim	Não
Dieta rica em:		
Legumes e frutas	Não	Sim
Vitaminas A, C e E	Não	Sim

A prevenção feita pelo exame Papanicolau é de grande valia durante o tratamento, devido ao precoce diagnóstico da doença. Onde as seqüelas, estão correlacionadas com o imediato início do tratamento nos diferentes estágios clínicos.

O precoce diagnóstico permite tratamentos, os quais podem ser uma cauterização do colo e até uma histerectomia\*, assim como a radioterapia e a quimioterapia.

## 1.2- Câncer do endométrio

O endométrio é a região que reveste a parede interna do útero e que descama mensalmente originando o fluxo menstrual. O câncer desta região se caracteriza pela multiplicação desordenada das células endometriais, apesar de o avanço da doença ser relativamente lento.

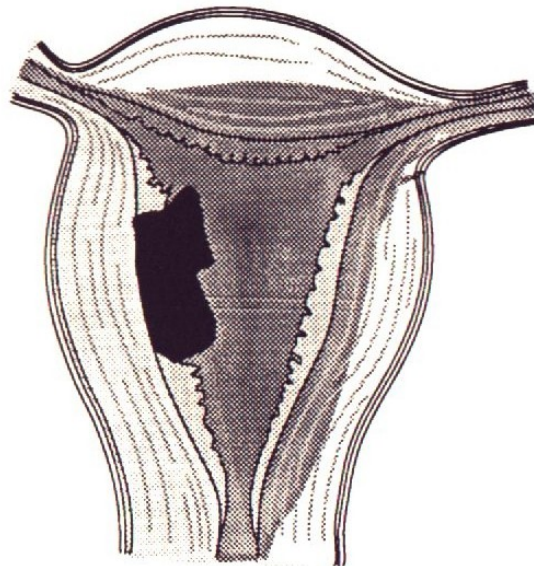


Figura 3: Câncer de endométrio.

---

\* Histerectomia é uma cirurgia ginecológica feita por via abdominal ou vaginal para a retirada do útero, que pode ser total quando ocorre a retirada de todo o útero ou subtotal quando o colo uterino não é removido.

A sua incidência é maior em mulheres após a menopausa, sendo este tipo de câncer mais comum em nações ricas do ocidente ao contrário do câncer do colo uterino. A obesidade, a hipertensão, o diabetes e o fato da mulher ser nulípara parecem ser fatores que estão correlacionados com a incidência da doença.

O exame preventivo feito no estágio inicial da doença pode ter resultado negativo. Porém, alguns sintomas indicativos podem ser: um discreto corrimento vaginal e/ou sangramento, além de dor acompanhada de contração uterina e hemorragia.

O exame feito para o diagnóstico da neoplasia é a raspagem da cavidade endometrial e do canal cervical, o qual deve ser feito caso ocorra sangramento após a menopausa ou intermenstrual. Além da raspagem, a ultrassonografia transvaginal auxilia na percepção do aumento do volume uterino levando a execução de exames mais minuciosos.

Os tratamentos do câncer do endométrio podem ser: uma histerectomia abdominal; uma cirurgia combinada com radioterapia pré ou pós-operatória; em casos não operáveis é feito o tratamento único com radioterapia; a quimioterapia; e em casos paliativos e para controlar a metástase, faz-se a hormônioterapia.

### **1.3- Câncer de ovário**

O ovário é responsável pelo armazenamento dos óvulos, os quais serão liberados através das trompas de falópio até a cavidade uterina onde poderão ser fecundados pelo espermatozóide. Ele tem um tamanho pequeno e com o envelhecimento feminino tende a diminuir o seu volume.

O câncer do ovário incide em 20% das neoplasias ginecológicas, e não escolhe faixa etária nem situação econômica. Ele pode ser diagnosticado devido a alterações no tamanho dos ovários que varia de acordo com a idade da mulher e também por distúrbios hormonais.



Figura 4: Sarcoma do ovário.

O exame de ultrassonografia ou laparoscopia pode diagnosticar esta neoplasia. Após o diagnóstico o tratamento deverá ser o cirúrgico, e pode ser acompanhado por radioterapia ou pela quimioterapia.

A taxa de sobrevivência do paciente é de cinco anos, porém, em estágios iniciais a taxa de sobrevivência de 5 anos chega a ser de 60 % ou de 70 % dos casos.

#### **1.4- Câncer de Vagina**

A vagina inicia na vulva e termina no colo do útero. É uma região elástica e é uma cavidade propensa a infecções por ter contato com o meio externo.

O câncer de vagina é raro, e sua maior incidência é em mulheres com idade acima de 50 anos. São registrados poucos casos em mulheres mais jovens, possivelmente por terem recebido estilbestrol durante a gravidez. Sua prevenção é feita pelo exame ginecológico e o seu primeiro sintoma pode ser uma lesão ulcerada na superfície da vagina acompanhada por um corrimento vaginal e/ou sangramento, a Figura 5 apresenta este tipo de câncer. Caso o tratamento não seja iniciado, a lesão aumenta e chega a envolver todo o colo e a região dos

paramétrios. O tratamento deste tipo de câncer é feito com uma cirurgia, a qual pode ser acompanhada ou não pela radioterapia e/ou quimioterapia.

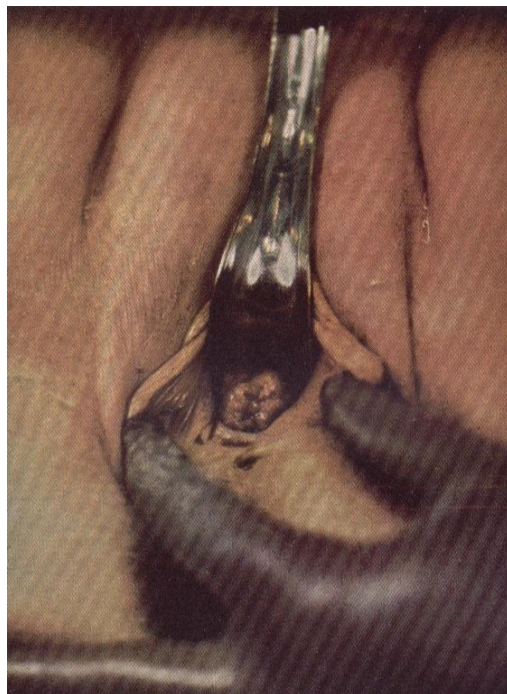


Figura 5: Carcinoma extenso da parede posterior da vagina.

### **1.5- Câncer de Vulva**

A vulva é a região mais externa dos órgãos genitais femininos. O câncer nesta região tem sua maior incidência, cerca de 80 % e 85 %, em mulheres após a menopausa e é mais freqüente após os 60 ou 70 anos de idade. Atualmente existem estudos que tentam relacionar o aparecimento deste câncer com o HPV 16 e 18.

O sintoma que antecede o aparecimento deste câncer é o prurido na vulva seguido anos mais tarde por lesões pré-cancerosas, dor, secreção e sangramento. A Figura 6 exibe um carcinoma verrucoso.



O exame para a confirmação do diagnóstico pode ser feito pelo ginecologista acompanhado por biópsias. Após o diagnóstico, o tratamento é feito com a prática cirúrgica da vulvectomy total seguida de quimioterapia e/ou radioterapia.

Normalmente as pacientes idosas tratadas morrem devido a infecções e não pelo câncer. Portanto, a taxa de sobrevivência de 5 anos em mulheres com menos de 50 anos varia em 65 % à 70 % dos casos.

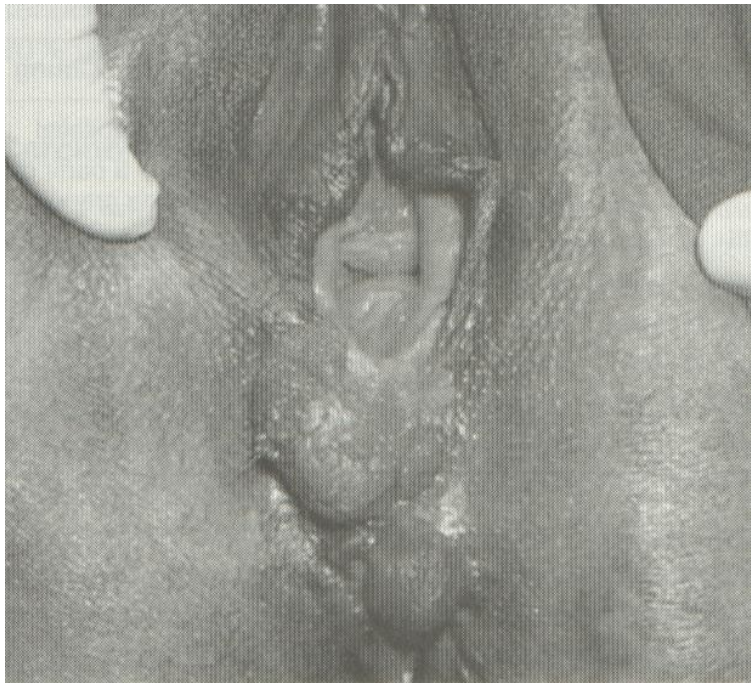


Figura 6: Carcinoma verrucoso em fúrcula vulvar.

## **Anexo II**

### **1-Tipos de carregamentos**

No início logo após a sua descoberta, o rádio foi utilizado para o tratamento de doenças em pacientes, nesta época o material radioativo era disposto em tubos de ensaio. Desta forma, os profissionais eram expostos a uma alta dose desnecessária.

Este problema foi parcialmente resolvido quando foram desenvolvidos os primeiros aplicadores de pós-carregamento manual. Porém, a equipe de profissionais ainda tinha uma exposição no instante da inserção, da retirada, ou do atendimento do paciente durante o internamento.

Para reduzir ao máximo a exposição durante a inserção e a retirada do radioisótopo, foram desenvolvidos sistemas de pós-carregamento remoto. Nos itens seguintes são apresentados detalhes sobre estes carregamentos.

#### **1.1-Carregamento radioativo manual**

Como o próprio nome sugere, esta técnica de carregamento envolve a colocação manual do material radioativo no volume do tumor. Desta forma, os profissionais estão sujeitos a uma exposição durante a inserção.

Inicialmente era a técnica usada de carregamento. Conhecido os efeitos danosos causados pela radiação, associado ao desenvolvimento de técnicas de pós-carregamento, esta técnica não é mais utilizada.

## **1.2-Pós-carregamento manual**

Este procedimento foi introduzido na metade deste século por Strebel em 1903.

Nesta técnica, primeiro deve ser inserido um cateter, agulha ou aplicador vazio dentro do volume do tumor. Logo em seguida, confirmar através de radiografias a posição dos aplicadores o quanto a região a ser tratada. Após conferir o posicionamento dos aplicadores, devem ser feitos os cálculos da dose seguido da inserção das fontes.

Minimizando desta forma, a exposição dos profissionais envolvidos com o tratamento.

## **1.3-Pós-carregamento remoto**

Nesta técnica de inserção de fontes, a exposição dos profissionais é muito reduzida.

A exposição é praticamente eliminada pelo equipamento computadorizado de pós-carregamento remoto, o qual coloca o material radioativo dentro do aplicador através do controle remoto. Este equipamento permite que a equipe de físicos fiquem controlando em uma sala vizinha todo o tratamento.

## **2-Técnicas de Aplicações da braquiterapia**

São três as técnicas de inserções das fontes radioativas no tumor:

- a técnica de aplicação intracavitária;
- a aplicação superficial; e
- a aplicação intersticial.

## **2.1-Técnica de aplicação intracavitária**

Esta técnica de aplicação baseia-se na introdução do material radioativo em cavidades do corpo. Geralmente é usada em tumores ginecológicos, neste caso, o material radioativo é colocado na cavidade vaginal e/ou uterina. É o mais comum dos implantes feitos.

A fonte pode também ser inserida no lúmen do brônquio, esôfago ou duto biliar através de tubos conectados à unidade de tratamento. Esta técnica é denominada intraluminal.

### **2.1.1- Aplicadores**

A inserção de fontes radioativas em cavidades muito próximas ao tecido lesado libera uma alta dose no tumor, minimizando ao mesmo tempo a dose nos tecidos vizinhos. Para tal, foram desenvolvidos aplicadores que contribuem para uma melhor acomodação das fontes, minimizando erros devido ao seu posicionamento incorreto.

#### **a) Tandem e ovóides**

O tandem e os ovóides são aplicadores de pós-carregamento frequentemente usados no tratamento de carcinoma do colo de útero (Fletcher e Suit, 1963). A figura 1 do anexo B, está apresentando estes aplicadores. Normalmente, estes são manufaturados em aço inoxidável e são adaptados para acomodar as fontes radioativas na paciente. Figura 1.

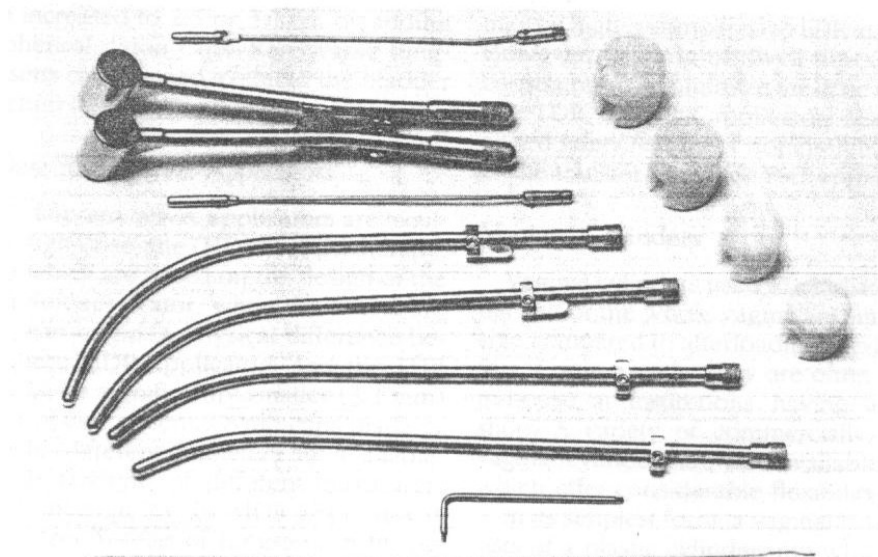


Figura 1: Aplicadores ginecológicos intracavitários Fletcher-Delclos-Suit.

O paciente deve ser sedado, facilitando assim a colocação dos aplicadores Fletcher.

Durante o planejamento utiliza-se como referência o ponto “A” e “B”. O ponto “A” representa um triângulo paracervical, sendo definido à dois centímetros na direção lateral à partir do centro do canal cervical e a dois centímetros da membrana da mucosa do fórnix lateral no plano do útero (Meredith, 1967). Figura 2.

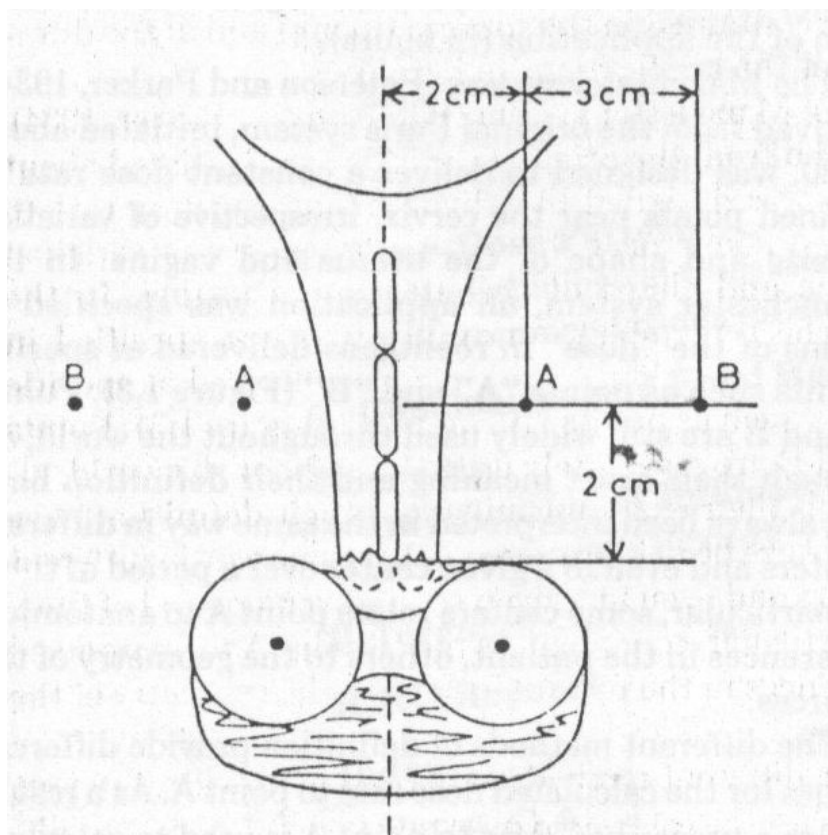


Figura 2:Esquema dos pontos de referência  
 “A” e “B”, utilizados no cálculo de dose.

Através do ponto A pode-se determinar estruturas importantes que facilitam a localização do tumor dando condições de se avaliar a dose na região lesada. O reto e a bexiga devem ser protegidas de altas doses devido a complicações resultantes deste procedimento. O ponto B situa-se a três centímetros do ponto A no mesmo eixo, no sentido interno para o externo.

Figura 2.

Os aplicadores utilizados na alta taxa de dose são um pouco diferentes dos aplicadores da baixa taxa de dose e são de tamanho menor. Em tratamento ginecológico os aplicadores que substituem o tandem e os ovóides são o anel e a sonda, observe a Figura 3 na página 44. O anel fica em contato com o colo uterino durante a aplicação, o qual possui um suporte também em forma de anel, que ao ser encaixado permite que o mesmo fique fixo ao manter o contato com o colo. Além disso, temos a sonda intrauterina que é fixada perpendicularmente ao anel e todo o conjunto é fixado a um suporte encaixado na mesa para garantir a sua imobilização.

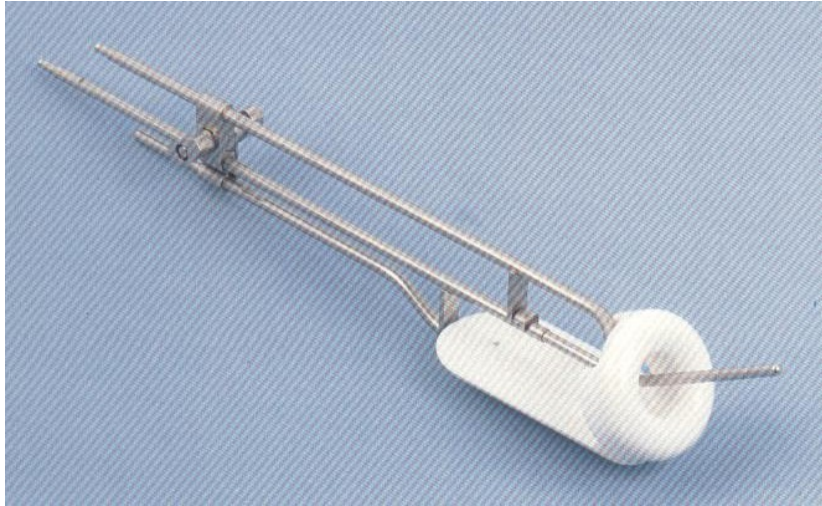


Figura 3: Aplicador para a alta taxa de dose, este conjunto é composto por uma sonda intrauterina, um anel e um afastador de reto.

#### b) Cilindros vaginais

Os cilindros são diferentes no comprimento e no diâmetro podendo ser feita a escolha de acordo com a anatomia do paciente. Um canal permite o pós-carregamento da fonte radioativa, onde são inseridas de modo similar ao tandem.

Os aplicadores com formas de cilindro da baixa taxa de dose são similares aos cilindros da alta taxa de dose e são normalmente utilizados em pacientes que foram histerectomizadas.

Alguns cilindros possuem uma sonda intrauterina, como pode ser observado na Figura 4 disposta adiante.

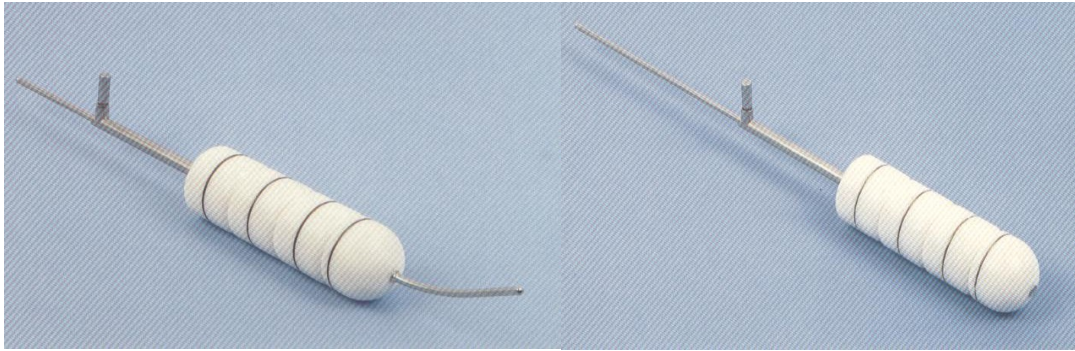


Figura 4: Cilindros vaginais utilizados na alta taxa de dose.

c) Implante intraluminal

Um tubo plástico contendo fontes radioativas são inseridas no lúmen de órgãos com a forma de tubo, como por exemplo: o trato biliar, os brônquios e o esôfago. A figura 5 apresenta um esquema de inserção intraluminal na página seguinte.

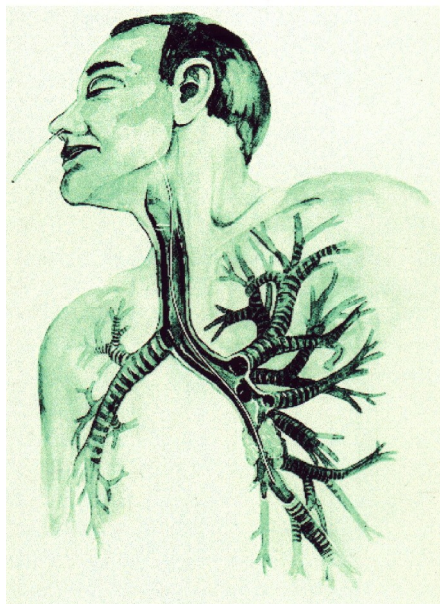


Figura 5: Implante intraluminal



As lesões que obstruem o duto biliar requerem altas doses de radiação para um volume muito limitado. Desta forma, introduz-se um contraste no duto biliar para poder determinar as suas dimensões e para efetuar o cálculo.

Normalmente este tipo de inserção é feita com o acompanhamento de um endoscopista que visualiza todo o órgão e auxilia no mais adequado posicionamento do cateter que transportará a fonte para irradiar o tumor.

## 2.2-A aplicação superficial

São as aplicações que dispõem as fontes radioativas próximo ou em contato com a região a ser tratada.

### 2.2.1- Aplicadores oftálmicos

São aplicadores destinados ao tratamento de doenças oculares.

#### a) Aplicadores de $^{90}\text{Sr}$

Nos aplicadores oftálmicos tem sido usado fontes de  $^{90}\text{Sr}$  para irradiar os olhos após a cirurgia de pterígio ou em doenças benignas da superfície dos olhos. Ele consiste de um aplicador plano ou côncavo, onde distribuí-se a fonte de  $^{90}\text{Sr}$  em equilíbrio com o  $^{90}\text{Y}$ .



Figura 6. Aplicador oftálmico de  $^{90}\text{Sr}$ .

A região côncava é presa a um bastão cilíndrico e metálico, onde a fonte é coberta com 0,05 mm de espessura de plástico de polietileno e selada. Desta forma, a radiação beta de baixa energia é absorvida pela fina camada de plástico. Observe a Figura 6.

#### b) Placas oculares

São aplicadores compostos por placas pequenas e curvas, que se moldam a forma do globo ocular. Estas placas podem ser de  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{125}\text{I}$  entre outras. São utilizadas em doenças malignas intraoculares, como o retinoblastoma.

#### 2.2.2-Moldes

São aplicadores que se adaptam a forma anatômica da estrutura a ser irradiada, sendo únicos para cada tratamento. Eles permitem a fixação geométrica das fontes de forma que o tratamento resulte em uma dose homogênea no tecido lesado. O molde é feito de acrílico transparente através da impressão negativa do paciente, observe a Figura 7.

Os cateteres de pós-carregamento são embutidos no molde onde serão inseridos os materiais radioativos.

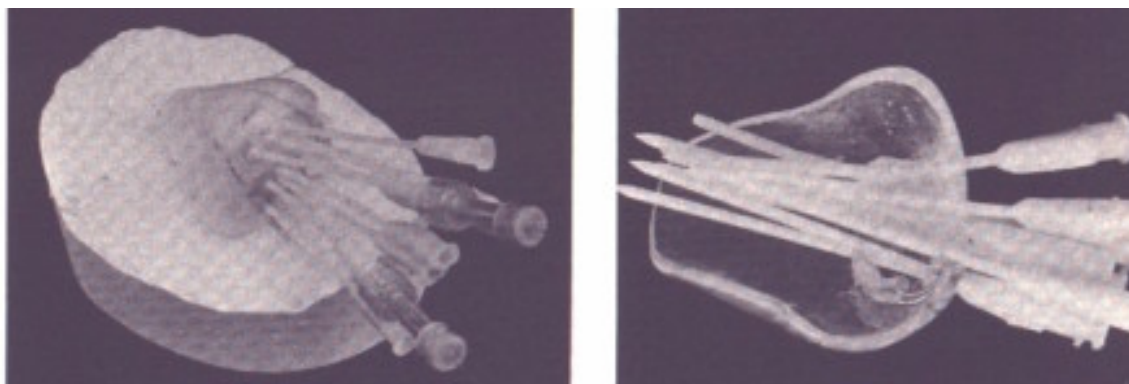


Figura 7: Moldes de nariz, a figura da esquerda apresenta a sua parte externa e a figura da direita apresenta a sua parte interna.

### **2.3-Aplicação intersticial**

Os implantes intersticiais são direcionados para colocar as fontes radioativas dentro do tumor. Os quais podem ser temporários ou permanentes.

Quando estes são permanentes, as fontes são suturadas ou injetadas dentro do tumor onde ela permanece mesmo depois do decaimento radioativo. Nos temporários, as fontes radioativas são colocadas em aplicadores ou em cateteres dentro do tumor e após o tratamento são retiradas.

### **3-Implantes temporários**

São aqueles em que as fontes são implantadas em tumores temporariamente. Sendo retirada junto com o aplicador, do paciente.

Atualmente existem diversos tipos de aplicadores que são adaptados as diversas regiões do corpo. Como por exemplo, o aplicador da Figura 8.



Figura 8: Aplicação superficial para o tratamento de carcinoma de célula basal.

#### 4-Implantes permanentes

Nestes tipos de implantes são utilizados vários tubos ou cateteres, os quais podem ser rígidos ou flexíveis. O material radioativo é inserido no paciente e deixado até que a sua atividade seja completamente reduzida. Normalmente este tipo de implante é feito em regiões inacessíveis, que não permitem a inserção e a retirada do aplicador. Observe a Figura 8 exibida na página seguinte.

Os radioisótopos mais usados são aqueles que tem um tempo de meia-vida física pequeno, como por exemplo o  $^{198}\text{Au}$ .

Os templates existem em uma grande variedade e facilitam o implante das fontes radioativas, com o intuito de obter uma distribuição de dose homogênea na braquiterapia intersticial. São exemplos os templates: Syed-Neblett, o Mupit e o template para mama.

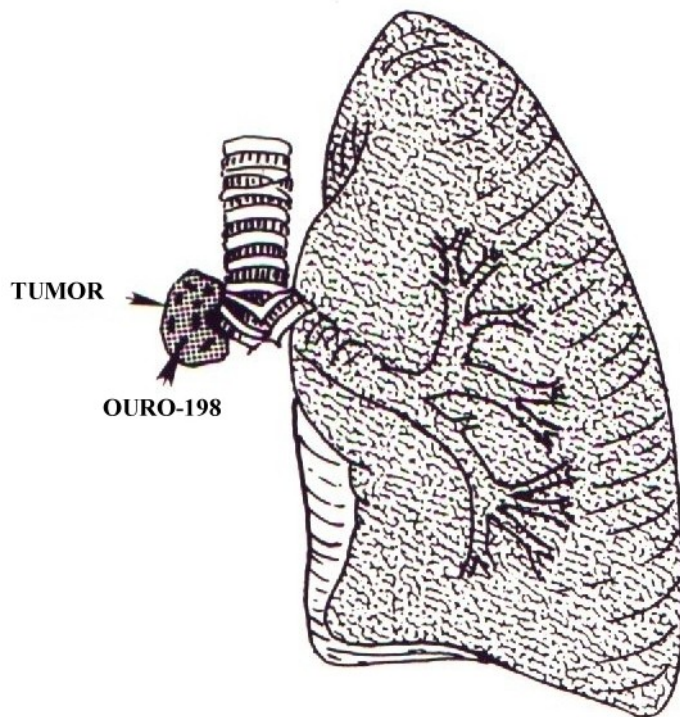


Figura 9: Implante permanente no volume do tumor.

## Anexo III

### 1-Os sistemas de tratamento básicos

Vários tipos de aplicadores surgiram desde o início da terapia com os radioisótopos até a data atual. Em câncer ginecológico, houve o aperfeiçoamento com o objetivo de permitir uma fixação mais adequada das fontes, assim como dispor as fontes de tal forma que homogeneizasse a dose englobando todo o volume a ser tratado.

Os sistemas de inserção apresentados abaixo, serviram de base para o atual desenvolvimento dos aplicadores utilizados na braquiterapia de alta taxa de dose. Cada um foi desenvolvido na expectativa de posicionar o radioisótopo dentro da paciente de tal forma que permita ser liberada uma dose efetiva na região do tumor, assim como permita a colocação e a retirada do radioisótopo de modo simplificado.

O sistema Manchester por Patterson em 1948 (ICRU-38, 1985), O sistema Paris por Lamarque e Coliez em 1951 (ICRU-38, 1985) e o sistema Stockolmo por Kottmeier em 1964 (ICRU-38, 1985) serviram de base para o aperfeiçoamento dos aplicadores atualmente utilizados. São eles: o aplicador manual de pós-carregamento Fletcher-Suit, o aplicador manual de pós-carregamento Fletcher-Suit-Delclos (FSD), o aplicador de pós-carregamento Delclos com mini-ovóides e o aplicador de pós-carregamento Henschke. Estes aplicadores consistem de dois ovóides e uma sonda intrauterina, e são semelhantes ao sistema Fletcher-Suit, com exceção do aplicador Henschke que diferencia na forma dos ovóides, na sua orientação e na distribuição de dose. As referências utilizadas não são as primeiras, mas as que aparentam ser as mais adequadas (ICRU-38, 1985).

## 1.1-O sistema Stockholm

O sistema Stockholm consiste de um aplicador intrauterino e um aplicador vaginal.

O aplicador uterino pode ser carregado com 53 mg ou até 88 mg de rádio. Porém, o aplicador vaginal possui um compartimento vazio que pode acomodar de 60 mg até 80 mg de rádio. O qual é fixado no colo uterino e nos fôrnices laterais, sendo firmado com gaze. Estes dois aplicadores, o vaginal e o intrauterino, não são fixados um no outro.

A Figura 1 apresenta um tratamento de câncer, neste exemplo o aplicador vaginal está carregado com 70 mg de rádio e o aplicador intrauterino está carregado com 74 mg de rádio. A combinação do carregamento de rádio da Figura 1 é considerado satisfatório para o tratamento, assim como a taxa de dose liberada.

Neste sistema são feitas normalmente, duas ou três aplicações com três semanas de intervalo. Sendo a duração de cada aplicação cerca de 27 até 30 horas. Ao acrescentar uma quantidade maior de rádio, reduz-se o tempo da aplicação para cerca de 10 até 18 horas.

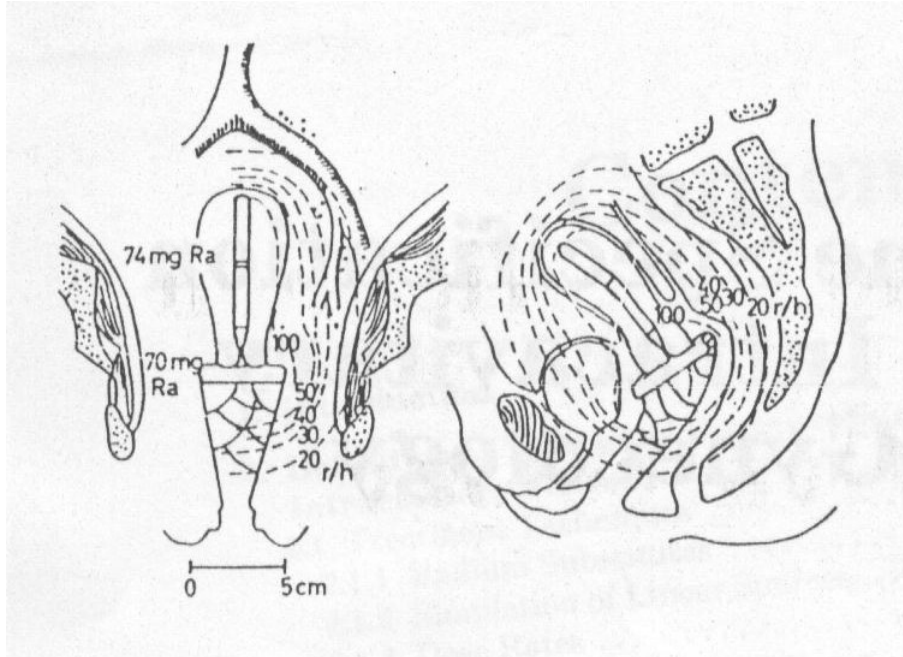


Figura 1: A figura está apresentando o plano anterior e lateral do sistema Stockholm.

## 1.2-O sistema Paris

Este sistema foi originalmente desenvolvido por Regaud\* e aperfeiçoado por Lamarque e Coliez.\* Ele foi desenvolvido para tratar o carcinoma do colo uterino sendo formado por três fontes vaginais e uma sonda intrauterina. Observe as Figuras 2 "a" e "b".

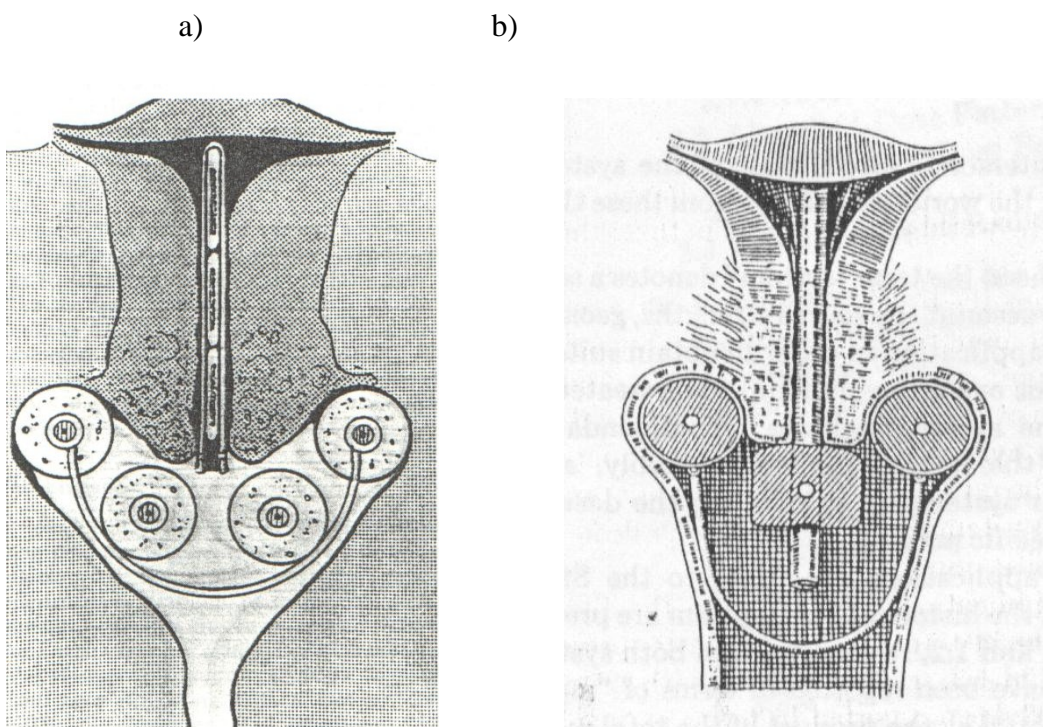


Figura 2:a) Sistema Paris com quatro fontes na vagina e três fontes intrauterina. b) Sistema Paris com duas fontes na vagina e três fontes intrauterina.

As três fontes vaginais são acomodadas uma em cada fórnix lateral e uma no centro do colo uterino, existem variações no sistema Paris que apresentam apenas duas fontes vaginais utilizadas quando, por exemplo, a paciente possui uma cavidade vaginal estreita. A sonda intrauterina acomoda três tubos de rádio, que pode conter apenas dois ou um tubo dependendo do tamanho do útero da paciente. Não existem nenhuma fixação entre as fontes vaginais e as fontes intrauterina, e as distâncias também não são fixas entre as mesmas.

\* A referência utilizada não é a primeira, mas a que apresenta ser a mais adequada. (ICRU-38,1985)



O comprimento ativo das fontes mais comum é de 16 mm, a atividade linear das fontes de rádio está entre os valores de 10 e 15 mg de rádio. O tratamento feito desta forma, resultaria em aplicações que durariam cerca de 6 até 8 dias.

### 1.3-O Sistema Manchester

Este sistema se baseia na definição de pontos referenciais “A” e “B” para efetuar o cálculo de dose durante o tratamento. O ponto “A” está situado a dois centímetros do eixo do canal central do útero e a dois centímetros de altura da membrana da mucosa do fórnix lateral. O ponto “B”, está descrito a uma distância lateral de três centímetros do ponto “A” e a cinco centímetros da linha mediana. Acompanhe na Figura 3, abaixo.

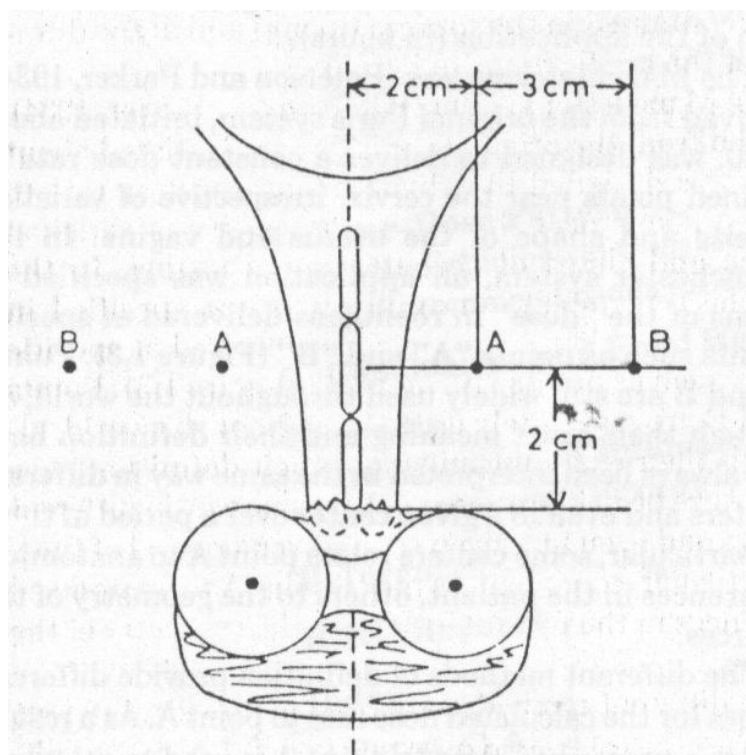


Figura 3: Esquema do sistema Manchester.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. . A century of x-rays and radioactivity in medicine (With emphasis on photography records of the early years).
2. Abrão F. S. Tratado de oncologia genital e mamária.1995;3;10-11.
3. Aisen S. MD, Carvalho H. A. MD, Esteves S.C.B. MD, Haddad C.K. BSc & Permoniam AC. BSc. HDR remote afterloading for cervical carcinoma. 1992.
4. Alberts B., Bray D., Lewis J., Raft M., Roberts K., Watson J. D., Biologia molecular da célula. Ed artes médicas. 1998.
5. Bentel G. C. Radiation therapy planning. 1996:10-13.
6. Cecatti E. R. & Almeida C. E., Controle de qualidade em radioterapia. Instituto de Radioproteção e Dosimetria IRD/CNEN.
7. CNEN-NE - 3.06, Requisitos de radioproteção e segurança para serviços de radioterapia. 1990.
8. Garcia E. A C., Biofísica. Ed Sarvier. 1998.
9. ICRU. Dose and volume specification for reporting intracavitary therapy in gynecology. ICRU Report N°38. International Commission on Radiation Units and Measurements, 1985.
10. Janeway HH. The treatment of uterine cancer by radium. Surg Gynecol Obstet1919;29:245-265.
11. Johns,H. E., Cunningham, J. R. The physics of radiology. 4. Ed.USA: Charles C. Thomas, 1983.
12. Jones G. W. MD, FRCPC & Lukka H. FRCR, FRCPC., HDR versus LDR brachytherapy for squamous cell carcinoma of the cervix: an economic analysis. 1992.
13. Khan, F. M., The physics of radiation therapy. 2. Ed. United States: William, 354- 339; 418-473. 1992.
14. Lowell L. A. P.H.D., Physics and quality assurance for brachytherapy - part I: High dose rates. 1997.
15. Maréchal H. M. H., Calibração de fontes de braquiterapia sistema automático de alta taxa de dose. instituto de radioproteção e dosimetria IRD. 1997.

16. Mould R. F., Battermann J. J., Martinez A A., & Speiser B. L., Brachytherapy from radium to optimization. nucletron. 1994.
17. Mould R. F., Brachytherapy 2. Nucletron. 1988.
18. Nag S. Principles and practice of brachytherapy. 1997:13;17;23.
19. Nucletron, Brachytherapy from radium to optimization.1994.
20. Nucletron. Applicators Microselectron-HDR.
21. Nucletron. Microselectron - HDR <sup>192</sup>Ir. Service manual.
22. Nucletron. Microselectron-HDR. User manual.
23. Nucletron. Plato brachytherapy Software. instruction manual.
24. Nucletron. Plato brachytherapy Software. user manual.
25. Nucletron. Plato general. user manual.
26. Nucletron. Quality assurance in brachytherapy with special reference to the microselectron-HDR. Activity International selectron brachytherapy journal. Report n° 2. 1993.
27. Nucletron. Quality assurance, activity international nucletron-oldelft radioterapy journal. Report n° 7. 1995.
28. Nucletron. Selectron source dosimetry system. user manual.
29. Nucletron. Selectron.
30. Okuno E, Caldas IL, Chow C., Física para ciências biológicas e biomédicas. Ed Habra. 1992.
31. Ramos, J., Oncologia clínica. Ed. Sarvier. 229-242. 1984.
32. Roesler I., Carli I., Melo H. C., Radiation dose received by the physitian during the ginecological insertion of intracavitary radioactive applicators.
33. Salvajoli J. V., Souhami L., Faria S. L., Radioterapia em oncologia. Ed. Medsi. 1-5; 91-118. 1999.
34. Sharma A P.H.D., Physics aspects of radioisotopes and treatment planning in brachytherapy.
35. Silva T, Peixoto J, Jesus E. Sinopse das recomendações de 1990 da “comissão internacional de proteção radiológica”. ICRP Publicação 60:1990;15.
36. Springer & Verlag. Manual de oncologia clínica. União internacional contra o câncer. Fundação Oncocentro de São Paulo. Ed. Hossfeld, Sherman, Love, Bocsh. 1997.
37. Williamson, Brachytherapy physics.1995;188-189.

