

## Considerações sobre um aparato mecânico de implantes de sementes radioativas e de objeto anatômico simulador para experimentação em braquiterapia de próstata

### Considerations on a mechanical apparatus for radioactive seed implantation and anatomical simulator object for prostate brachytherapy experimentation

DOI:10.34115/basrv6n1-006

Recebimento dos originais: 13/12/2021

Aceitação para publicação: 19/01/2022

#### **Viviane Vitória Bento Braga**

Doutora - Centro Universitário Estácio de Belo Horizonte  
Av. Francisco Sales, 23 - Floresta - Belo Horizonte-MG  
E-mail: vitoriabraga06@gmail.com

#### **Tarcísio Passos Ribeiro de Campos**

Pós - Doutor - Universidade Federal de Minas Gerais - Programa de Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares - Campus UFMG - Escola de Engenharia  
Av. Antônio Carlos, 6627, Bl 4, sala 2299 - Pampulha - Belo Horizonte-MG  
E-mail: tprcampos@yahoo.com.br

#### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi apresentar o estado da arte da pesquisa e desenvolvimento de um sistema mecânico de implante de sementes radioativas, denominado SISP, e de objeto anatômico simulador, OAS. O SISP e o OAS poderão auxiliar no procedimento de teste de implantes de sementes permanentes na próstata. Esses testes serão importantes para medições de doses absorvidas nas estruturas da pelve, envolvendo os órgãos e tecidos de risco para aprimoramento de planejamentos, posicionamentos de sementes e dosimetria. O SISP envolve dois suportes, anterior e posterior, uma mesa-móvel, placa-guia. As peças foram elaboradas em celeron; enquanto a placa guia em acrílico translúcido. Após individualmente confeccionadas, as peças foram montadas, compondo o protótipo final do SISP. Foi também elaborado e montado o objeto anatômico simulador de teste (OAS), reproduzindo de forma anatômico-equivalente a estrutura óssea da pelve, parte do reto, próstata e tecido adiposo. Os materiais utilizados no objeto de teste são de tecido-equivalente, com equivalência radiológica. Este artigo apresenta o sistema acoplado o SISP e OAS acoplados, possível de uso em implantes experimentais para braquiterapia de próstata.

**Palavras-Chave:** Braquiterapia, Câncer de próstata, implantes de sementes, I-125, Ho-166.

#### **ABSTRACT**

The objective of this work was to present the state of the art of the research and development of a mechanical system of radioactive seeds implantation, called SISP, and of an anatomical simulator object, OAS. The SISP and the OAS may help in the testing procedure of permanent seed implants in the prostate. These tests will be important for absorbed dose measurements in the pelvis structures, involving the organs and tissues at risk for improved planning, seed placement, and dosimetry. The SISP involves two supports, anterior and posterior, a mobile table, and guide plate. The pieces were made of celeron; while the guide plate was made of translucent acrylic. After individually made, the pieces were assembled, composing the final prototype of the SISP. The

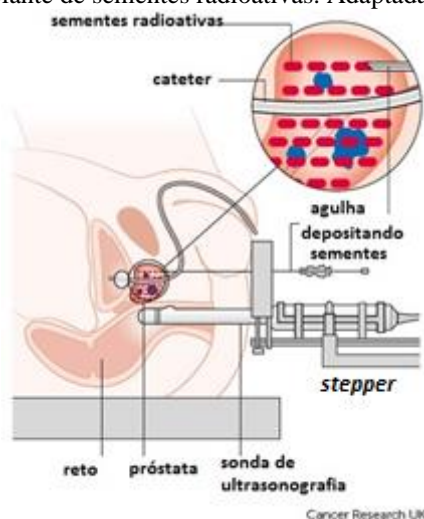
anatomical simulator test object (OAS) was also elaborated and assembled, reproducing in an anatomical-equivalent way the bony structure of the pelvis, part of the rectum, prostate and adipose tissue. The materials used in the test object are tissue-equivalent, with radiological equivalence. This paper presents the system coupling SISP and coupled OAS, possible of use in experimental implants for prostate brachytherapy.

**Keywords:** Brachytherapy, Prostate Cancer, seed implants, I-125, Ho-166.

## 1 INTRODUÇÃO

O interesse pelo uso da braquiterapia no tratamento do câncer de próstata cresceu nos últimos anos, devido à alta eficiência e relativa conveniência, pois o paciente é submetido a um único procedimento. A braquiterapia é um procedimento simples, ambulatorial que evita a hospitalização e permite ao paciente uma recuperação rápida. A braquiterapia por implantes permanentes é realizada em duas etapas [1]. Na primeira etapa, é feito o estudo do volume da próstata, realizado mais comumente por meio de imagens de ultrassom. A sonda do ultrassom é fixada rigidamente em um dispositivo “stepper” (Fig. 1) tal que, durante o procedimento de braquiterapia, a sonda pode se mover longitudinalmente em distâncias específicas e sempre se manter em posição fixa. Placas guias (templates) são mantidas acopladas ao “stepper” de forma rígida e estável. Após o estudo, o planejamento é realizado por softwares. Nele são decididas a quantidade, a orientação e o posicionamento das agulhas; bem como, a quantidade e a atividade das sementes, para determinação da dose recebida pelo tumor e os tecidos vizinhos saudáveis. Na segunda etapa da braquiterapia, é realizado o implante das sementes (Fig.1).

Fig 1. Procedimento de implante de sementes radioativas. Adaptada de Cancer Research UK [2]



Em geral, o paciente é anestesiado, para garantir a sua perfeita imobilidade. É introduzida a sonda transretal tentando reproduzir o posicionamento realizado no planejamento. Em seguida,

é introduzida as agulhas até a base da próstata e à medida que a agulha é retirada as sementes ficam depositadas [1].

Este trabalho propõe apresentar o projeto e detalhes construtivos de um protótipo de um dispositivo “stepper” denominado de Sistema de Implante de Sementes em Próstata (SISP). Ele também apresenta a elaboração do objeto anatômico simulador (OAS), reproduzindo de forma anatômico-equivalente parte da pelve masculina. O SISP e o OAS poderão auxiliar na simulação de procedimentos de braquiterapia, onde serão futuramente realizados implantes de fontes radioativas de I-125 e também de sementes cerâmicas de Ho-166. Essas simulações serão importantes em medições de doses absorvidas nas estruturas da pelve, envolvendo os órgãos e tecidos de risco para aprimoramento de planejamentos, posicionamentos de sementes e dosimetria.

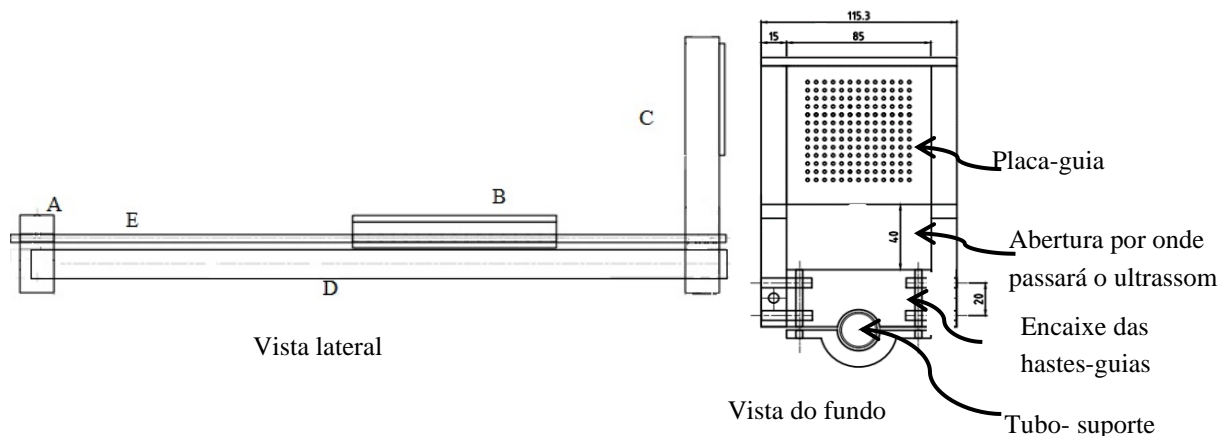
## 2 METODOLOGIA

### 2.1 PROJETO DO SISP

O projeto mecânico do SISP envolveu um conjunto de peças independentes que se encaixam. As peças projetadas foram os suportes anterior e posterior, bandeja-móvel, e as placas-guias (templates).

O SISP opera uma sonda de ultrassonografia e um conjunto de agulhas. A sonda de ultrassom é fixa na mesa móvel (Fig.2B); enquanto o conjunto de agulhas é suportado pela placa-guia (Fig.2C). A cabeça do ultrassom passa através do suporte posterior (Fig.2C) abaixo da placa-guia e assim chegando ao reto, se posicionando na parte anterior da próstata, para a realização das imagens. A mesa-móvel desliza em incrementos de  $5 \times 10^{-3}$  m, removendo a sonda de sua posição original e deslocando-a para nova posição.

Fig 2. Visão geral do protótipo. (A) suporte anterior, (B) mesa móvel, (C) suporte posterior mais a placa-guia, (D) detalhe do tubo suporte e (E) hastes-guias.



Os suportes anterior e posterior e a bandeja-móvel foram feitos em celeron, material de fácil usinagem. Já as placas-guias foram feitas em acrílico. Os suportes anterior e posterior ficam fixos nas extremidades de um tubo-suporte (Fig.2D) de aço inox. Esse tubo possui  $2,2 \times 10^{-2}$  m de diâmetro e  $4,5 \times 10^{-1}$  m de comprimento.

A bandeja-móvel está instalada sob duas hastes-guias (Fig.2E) longitudinais, de  $6 \times 10^{-3}$  m de diâmetro e  $4,5 \times 10^{-1}$  m de comprimento, permitindo o movimento longitudinal da mesma. Essas hastes estão fixadas nas bases dos suportes anterior e posterior. A bandeja-móvel possui um suporte (construído de resina acrílica) para a sonda de ultrassom, posicionada de forma que a cabeça do ultrassom passe abaixo da placa-guia. A bandeja-móvel opera em steps de  $5 \times 10^{-3}$  m a  $1 \times 10^{-2}$  m, parando para monitorar a aplicação das sementes através das agulhas posicionadas no template.

A placa guia (Fig.2C) é fixada no suporte posterior e contém 12 x 12 furos para inserção de agulhas, podendo este conjunto de furos ter espaços de 5, 6 e  $8 \times 10^{-3}$  m de acordo com o tipo de fonte a ser implantada.

## 2.2 DESENVOLVIMENTO DO OAS

O Objeto Anatômico Simulador (OAS) é um simulador de parte dos órgãos e tecidos da pelve masculina. Diferente dos simuladores comuns de água ele reproduz a heterogeneidade que é encontrada no corpo humano auxiliando na caracterização dos desvios na resposta dosimétrica.

O OAS é constituído da representação dos órgãos de maior relevância no procedimento de braquiterapia de próstata: a próstata onde será realizado o implante, a bexiga e o reto que são os principais órgãos de risco. O tecido adiposo foi acrescentado para simular o preenchimento da região da pelve. A estrutura óssea, a próstata e o tecido adiposo foram desenvolvidos em material tecido equivalente (MTE) que propõe reproduzir com aproximação a composição dos tecidos do corpo humano. Os valores percentuais apresentados para o MTE são valores teóricos obtidos através de análise da composição química constituinte dos componentes da mistura [3].

O trabalho iniciou com a colagem dos ossos da pelve masculina. A pelve masculina possui características diferentes comparada com a pelve feminina. Foram levadas em consideração as seguintes características: as medidas da pelve masculina são ligeiramente menores; o arco púbico e o ângulo subpúbico são mais estreitos e a forame obturado é arredondado [4]. Logo após pode-se construir a contenção para os órgãos. A contenção foi feita de fibra de carbono e moldada dentro da estrutura óssea da pelve utilizando uma fina camada de resina acrílica para obter a forma desejada. Então foi realizada a construção dos órgãos e tecidos. A anatomia de todos os órgãos foi desenvolvida seguindo informações providas de imagens de tomografias computadorizadas da

região pélvica humana, e de dados encontrados na literatura [4, 5]. A bexiga e o reto foram feitos de resina acrílica e manta de algodão. A bexiga foi moldada em um balão de látex preenchido com água, já o reto foi moldado e construído em fibra de algodão e resina ortofitálica. O tecido da próstata foi elaborado com uma base de colágeno acrescido de sais e ácidos contendo os elementos: C, H, O, N, S, Na, P, Cl e K [3]. O preparo desse MTE de próstata foi realizado em um bécker, adicionando os compostos da mistura na proporção adequada. Essa mistura foi então aquecida até 60°C. Em seguida a mistura foi depositada em uma forma de silicone, confeccionado anteriormente por Matos [3], que possuía o formato da próstata. O tecido adiposo foi elaborado com uma base de cera de carnaúba acrescida de poliol e parafina. Essa mistura também foi aquecida até 60°C para a formação de uma pasta moldável, que após seca captura a forma desejada.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 APRESENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

As peças foram usinadas e montadas (Fig.3A). Logo após, foi fixado o suporte para o ultrassom na mesa-móvel (Fig.3B), através do uso de cola cianoacrilato.

Fig.3. Fotografias preliminares da montagem do protótipo do SISP. (A) Peças montadas; (B) protótipo com suporte para ultrassom já fixado.



O protótipo do SISP obteve as características essenciais desejadas: capacidade de suporte para o ultrassom com um movimento longitudinal. A próxima etapa foi a confecção das agulhas para o procedimento de implante. Observou-se a necessidade futura de automatizar os movimentos mecânicos para aumentar a precisão de posicionamento.

#### 3.2 APRESENTAÇÃO DO OAS

A estrutura óssea da pelve obteve características e medidas [4] muito próximas das humanas como pode ser observado na tabela abaixo:

Tab. 1: Comparação das medidas da estrutura óssea

|                     | Estrutura óssea humana | Estrutura óssea do OAS |
|---------------------|------------------------|------------------------|
| Diâmetro transverso | 0,130 m                | 0,125 m                |
| Diâmetro oblíquo    | 0,125 m                | 0,125 m                |
| Diâmetro conjugado  | 0,110 m                | 0,105 m                |

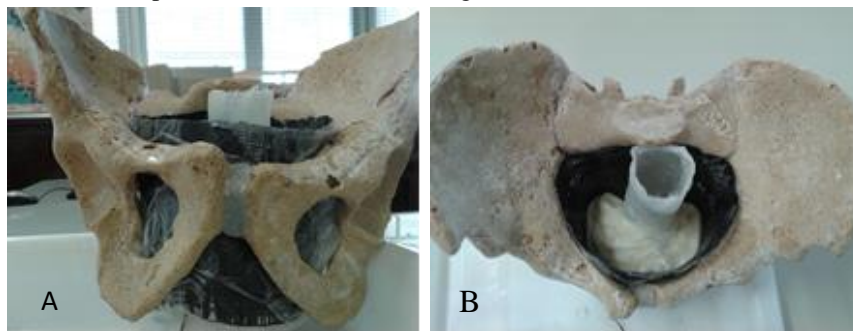
A bexiga humana possui um volume médio de 0,4 L [4]. A bexiga confeccionada (Fig.4A) apresentou um volume médio de 0,38 L, dentro das medidas de referência. O reto, primeiramente, foi confeccionado em silicone, para aproveitar a sua propriedade de flexibilidade facilitando a entrada do ultrassom. Entretanto o silicone não foi capaz de reproduzir as imagens de ultrassom. Também foi testado outros materiais que também não permitiram a obtenção de imagens. O material encontrado como adequado para a realização de imagens de ultrassonografia foi a resina acrílica. Uma vez que esse material apresenta pouca flexibilidade, foi necessário construir o reto em estado não colapsado para ser capaz de permitir a entrada da sonda de ultrassom (Fig.4B). A próstata sintética (Fig.4C) elaboradora apresentou uma consistência gelatinosa como esperado. Foi necessário envolvê-la com uma cobertura de película plástica para evitar a desidratação. O tecido adiposo, ao resfriar e adquirir consistência, foi também recoberto com plástico. Os tecidos sintéticos foram então disponibilizados para efetuar a montagem do OAS.

Fig. 4: Órgãos sintéticos e molde. (A) Bexiga, (B) o reto e (C) os moldes para a confecção das próstatas e uma próstata confeccionada com tecido equivalente



Observou-se conveniente manter todas as peças anatômicas separadas com a possibilidade de desmontagem (Fig.5) da estrutura sintética óssea da pelve, uma vez que a próstata sintética deve ser substituída em cada teste de procedimento de braquiterapia.

Fig. 5: Imagens do OAS de pelve masculina em processo de montagem, onde (A) apresenta a estrutura óssea externa e a contenção do tecido adiposo; e (B) detalhe da montagem das estruturas



#### 4 CONCLUSÃO

O projeto foi elaborado e protótipo do SISP foi montado atendendo aos requisitos necessários para experimentação em braquiterapia de próstata. O protótipo apresentou as características operacionais aceitáveis para elaborar implantes experimentais em próstata sintética. O sistema poderá ser testado por meio de simulações de implantes de sementes em simuladores físicos, com próstata sintética. A vantagem desse sistema está na sua simplicidade mecânica de operação. Acredita-se ser necessária a automatização dos movimentos mecânicos para aumentar a precisão de posicionamento. O OAS apresentou as características antropomórficas e antropométricas necessárias. O SISP e OAS podem ser utilizados, futuramente, para testes de implantes guiados por ultrassonografia.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) pelo apoio por meio de cota de bolsa de doutorado. O projeto e construção do protótipo foram executados no Departamento de Engenharia Nuclear da Universidade Federal de Minas Gerais.

## REFERÊNCIAS

- [1] C.A. Perez, *et al.*, “Technical Basis of Radiation Therapy”, Ed. Springer, pp 275 (2006)
- [2] [www.cancerresearchuk.org/about-cancer/type/prostate-cancer/treatment/radiotherapy/internal-radiotherapy-for-prostate-cancer](http://www.cancerresearchuk.org/about-cancer/type/prostate-cancer/treatment/radiotherapy/internal-radiotherapy-for-prostate-cancer)
- [3] Matos, A.S.D., “Dosimetria Experimental em Radioterapia de Próstata com Fantoma de Pelve Masculina”, Tese, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, (2011)
- [4] A.M.R. Agur, e A. F. Dalley II, “Grant- Atlas de Anatomia”, 11<sup>a</sup> ed., Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, pp 183 (2006)
- [5] <https://netterimages.com/sex-differences-of-pelvis-measurements-labeled-anatomy-atlas-6e-general-anatomy-frank-h-netter-67779.html>