

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE IMPLANTE DE SEMENTES RADIOATIVAS

CON-2016-0509

Resumo: O propósito foi apresentar o estado da arte da pesquisa e desenvolvimento de um sistema de implante de sementes radioativas, para atender a braquiterapia na próstata, denominado SISP. O projeto é apresentado, onde é descrito um conjunto de peças independentes a serem montadas. Estas envolvem dois suportes, anterior e posterior, um mesa-móvel, placa-guia e um manipulador mecânico. As peças foram elaboradas em nylon preto; enquanto a placa guia em acrílico translúcido. Após confeccionadas, as peças foram montadas. Fotografias do protótipo são apresentadas. Observou-se que o SISP atende ao procedimento de implante de sementes permanentes na próstata.

Palavras-chave: sementes radioativas, I-125, cancer de prostata, implante, sistema mecânico.

1. INTRODUÇÃO

O câncer representa um crescimento desordenado de células que invadem tecidos e órgãos do corpo humano (Instituto Nacional do Câncer, INCA, 2016). Esta doença é uma das principais causas de morte no mundo e mais de 12 milhões de pessoas no mundo são diagnosticadas todo ano com câncer (INCA, 2016). No Brasil, o câncer representa a segunda maior causa de morte. Entre os homens brasileiros, o segundo câncer mais letal é o de próstata, de acordo com o Instituto Nacional do Câncer (INCA, 2016).

A próstata é um órgão do tamanho de uma noz, com cerca de 4 cm de diâmetro e 3 cm de comprimento axial, localizada em torno da porção inicial do canal uretral, logo abaixo da bexiga e à frente do reto. A próstata participa do armazenamento e secreção do líquido seminal juntamente com a vesícula seminal.

As causas do câncer de próstata são desconhecidas, entretanto alguns fatores podem estar associados, como idade avançada, dieta, hormônios, histórico familiar e fatores ambientais (DEUTSCH et al., 2004).

A adoção de um tratamento adequado necessita de uma prévia e profunda avaliação médica. Os fatores levados em consideração geralmente são o estágio da doença, a idade e as condições clínicas do indivíduo. Quando a doença é detectada no início, geralmente é indicada a radioterapia isolada, ou a prostatectomia. Em casos mais avançados do tumor, ou quando há ocorrência de metástases em outras estruturas adjacentes, pode ser incluída, junto com a radioterapia, a terapia hormonal e a quimioterapia (SANTOS FILHO et al, 2008).

A radioterapia representa a aplicação de radiação ionizante para destruir a neoplasia maligna ou, ao menos, impedir o seu crescimento. A eficácia desse tratamento se deve a maior radiosensibilidade das células clonogênicas em relação às células saudáveis de baixo índice mitótico. Como o câncer se caracteriza pela multiplicação desordenada das células, estas têm probabilidade maior de se encontrar em processo de divisão (mitose), distintas das células sadias; e, consequentemente, podem perder ou reduzir suas características clonogênicas pós-radioterapia.

A radioterapia, de acordo com sua forma de aplicação, pode ser dividida em duas modalidades: i) teleterapia, uma modalidade que consiste na irradiação da área de interesse com feixes externos ao paciente, sendo que os feixes de radiação podem ser gerados em aceleradores lineares megavoltagem ou por aparelhos de cobaltoterapia; e, ii) braquiterapia, modalidade que faz uso de fontes radioativas seladas que podem ser posicionadas sobre a pele, inseridas em cavidades naturais do organismo ou implantadas no interstício dos tecidos moles. Uma das vantagens do tratamento por braquiterapia é que altas doses de radiação podem ser liberadas em um tempo relativamente curto na região tumoral minimizando a deposição de dose nos tecidos vizinhos ao tumor (GODDEN, 1988).

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. Na primeira etapa, é feito o estudo do volume da próstata, realizado mais comumente através de uma unidade de ultrassom portátil, junto com uma sonda transretal capaz de visualizar órgãos em profundidades de 7 a 8 cm da superfície da fonte. A sonda é fixada rigidamente em um dispositivo “*stepper*” 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*), com furos para inserção de agulhas espaçados de 5 mm, dispostos de uma forma retangular e enumerados tanto na horizontal quanto na vertical, são mantidas acopladas ao “*stepper*” de forma rígida e estável. A unidade de ultrassom exibe um conjunto de marcadores na imagem idênticos aos orifícios do *template*, de modo que um mapeamento correspondente é estabelecido entre a projeção anatômica interna da próstata com o *template*. Durante o estudo do volume bem como o procedimento de implante, o paciente permanece em uma posição de litotomia. Esse estudo então é utilizado no planejamento do tratamento. O planejamento é realizado por softwares dedicado onde são decididos número, orientação e posicionamento das agulhas; bem como, número e atividade das sementes, para determinação da dose recebida pelo tumor e os tecidos vizinhos sadios. Geralmente utiliza-se um sistema de planejamento de braquiterapia capaz de simular o tratamento e também executar o cálculo dosimétrico no pós-implante. As versões mais recentes de tais sistemas são capazes de interagir diretamente com os sensores de posição da sonda do ultrassom no dispositivo “*stepper*” para o planejamento do tratamento em tempo real.

Na segunda etapa da braquiterapia, é realizado o implante das sementes. Em geral, o paciente é anestesiado, para garantir a sua perfeita imobilidade. Depois o indivíduo é colocado na posição de litotomia. É introduzida a sonda transretal tentando reproduzir o posicionamento realizado no planejamento. Caixas de carregamento de agulhas (“*needle loading boxes*”) são necessárias para a técnica de pré-carregamento de agulhas, na qual as fontes são inseridas em agulhas de implante de aço inoxidável no espaçamento pré-calculado (PEREZ, 2006). Alternativamente um aplicador Mick pode ser usado para inserir as sementes nas posições planejadas uma a uma. Em seguida, é introduzida as agulhas até a base da próstata e à medida que a agulha é retirada as sementes ficam depositadas.

Para o teste de garantia de qualidade ao longo de um procedimento de implante de próstata permanente, guiado por ultrassom, são utilizados uma câmara de calibração de fontes e um eletrômetro, ambos com certificada calibração. São verificadas as atividades das sementes a serem implantados. Além disso, câmeras de ionização e cintiladores do estado sólido são empregadas para medir a taxa de exposição à radiação em torno do paciente conforme protocolos de segurança radiológica. Com tais informações o paciente pode ser liberado do hospital quando sua exposição não ultrapasse os limites regulamentares. Tais mecanismos de controle radioativo também são usados para analisar e localizar possíveis extravios de fontes radioativas, emissoras de fótons de baixa energia.

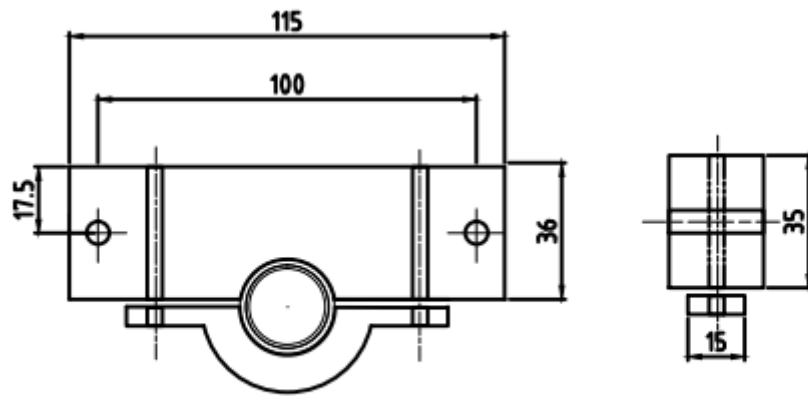
2. OBJETIVO

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 auxiliará na simulação de procedimentos de braquiterapia, onde serão realizados implantes de fontes seladas em próstata sintética, inserida em *phantoms* de pelve masculina.

3. MODELAGEM DO PROJETO

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 placas-guias (*templates*). Os suportes anterior e posterior e a bandeja-móvel foram feitos em nylon preto. Já as placas-guias foram feitas em acrílico. Os suportes anterior e posterior ficam fixos nas extremidades de um tubo-suporte, de aço inox 22 mm de diâmetro e 450 mm de comprimento, afixados por presilhas e parafusos. Esse tubo poderá ser preso em seu centro em um braço mecânico com articulações móveis, de cinco graus de liberdade. Entre os suportes, fixados na base do mesmo, do lado direito e esquerdo, há duas hastes-guias longitudinais de 6 mm de diâmetro e 450 mm de comprimento, posicionados paralelos ao tubo-suporte de aço inox. A bandeja-móvel está instalada sob as hastes-guias, permitindo o movimento longitudinal da mesma. Nesta, há um fixador para sonda de ultrassom transretal, posicionada de forma que a cabeça do ultrassom passe abaixo da placa-guia. A bandeja-móvel opera em *steps* de 5 mm a 10 mm, parando para monitorar a aplicação das sementes através das agulhas posicionadas no *template*. O *template* é fixado no suporte posterior e contém 12 x 12 furos para inserção de agulhas, podendo este conjunto de furos estarem espaçados de 5, 6 e 8 mm de acordo com o tipo de fonte a ser implantado. O implante é feito seguindo planos transversais paralelos imaginários, em direção transversal a próstata sintética, conforme planejamento dosimétrico já realizado.

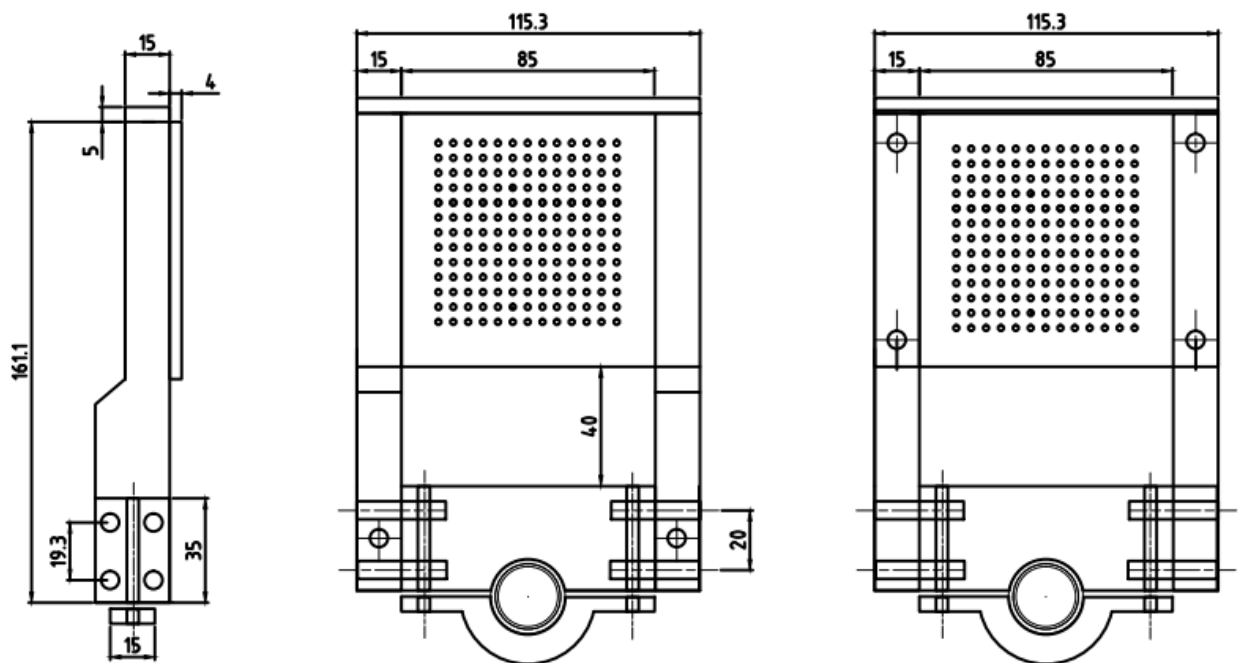
Nas figuras a seguir, estão apresentados alguns detalhes dos desenhos dos componentes do SISP e suas respectivas medidas. Na figura 4 está apresentado um projeto para a placa-guia. Estes foram feitos em desenho técnico no programa AUTOCAD.



VISTA EM CORTE

VISTA LATERAL

Figura 1. Detalhamento do projeto do SISP, suporte anterior em vista lateral e em corte.



VISTA LATERAL

VISTA FUNDO

VISTA FRENTE

Figura 2. Suporte frontal em vista lateral, frente e fundo.

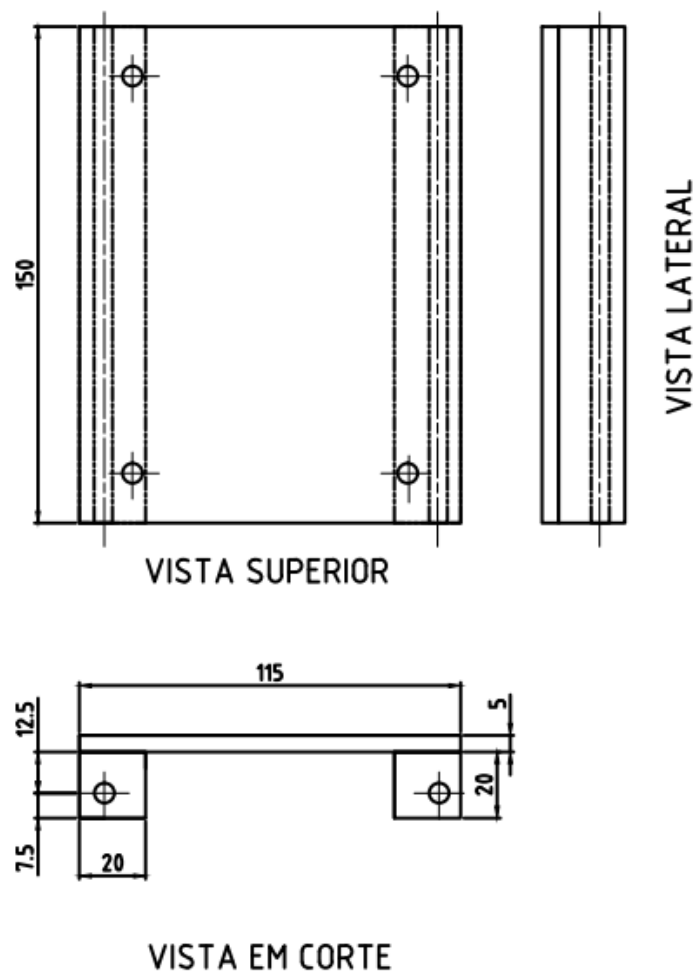


Figura 3. Mesa-móvel em vista lateral, em corte e em vista superior; sendo que as medidas estão em milímetros.

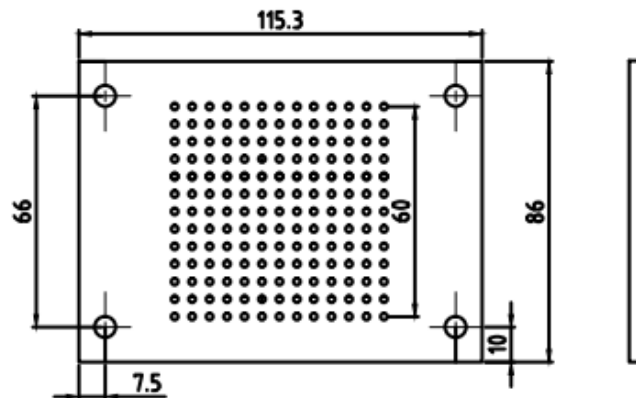


Figura 4. Placa-guia vista frontal, sendo que as medidas estão em milímetros.

4. APRESENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

As peças foram usinadas e montadas. Fotografias ilustram o dispositivo montado.

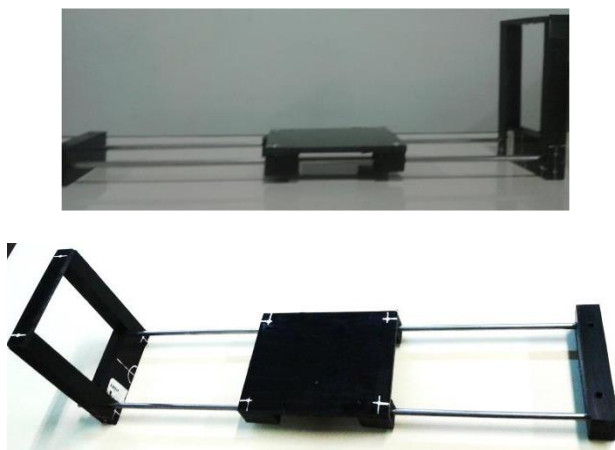


Figura 5. Fotografias preliminares da montagem do protótipo do SISP.

Funcionamento. O SISP opera uma sonda de ultrassonografia e um conjunto de agulhas. A sonda de ultrassom é fixa na mesa móvel; enquanto o conjunto de agulhas é suportado pela placa-guia. A cabeça do ultrassom passa através do suporte posterior 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 mm, removendo a sonda de sua posição original e deslocando-a para nova posição. De forma manual, as agulhas também são removidas para a nova posição. Então, seguindo o planejamento radioterapêutico, as sementes são depositadas. Este procedimento é repetido até que todas as sementes prescritas sejam depositadas na próstata. A vantagem desse sistema está na sua simplicidade mecânica de operação. Inovações serão incorporadas ao sistema no processo de recolhimento de agulhas, não apresentadas aqui.

5. CONCLUSÕES

O projeto foi elaborado e protótipo do SISP foi montado. O protótipo apresentou as características operacionais aceitáveis para elaborar implantes em próstata sintética. O sistema será testado através de simulações de implantes de sementes em simuladores físicos, com próstata sintética. Em adição, observou-se que será recomendado automatizar os movimentos mecânicos para aumentar a precisão de posicionamento.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) pelo apoio através 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. E a

7. REFERÊNCIAS

- Deutsch, E.; Maggiorella, L.; Eschwege, P.; Bourhis, J.; Soria, JC.; Abdulkarim, B., 2004, "Environmental, genetic, and molecular features of prostate cancer". The Lancet Oncology ,Vol.5: pp.303-13.
- Godden, T.J., 1988, "Physical aspects of brachytherapy", Filadélfia, pp
- INCA (Instituto Nacional do Cancer) disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/inca/portal/home> acessado em 7 de abril de 2016
- Perez, C.A., Levitt, S.H., Purdy, J.A., 2006, "Technical Basis of Radiation Therapy", Ed. Springer, pp 275.
- Santos Filho, S. D., Missailids, S., Fonseca A. S., Bernardo Filho, M., 2008 Prostate Cancer, Treatment Modalities and Complications: An Evaluation of the Scientific Literature. Braz. arch. biol. technol. v.51 n. special: pp.51-56

8. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR RADIOACTIVE SEED'S IMPLANT

Viviane Vitória Bento Braga, vitoriabraga06@gmail.com
Tarcísio Passos Ribeiro de Campos, tpcampos@yahoo.com.br

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Nuclear, Avenida Antônio Carlos, 6627 Campus UFMG, Escola de Engenharia, Bl 4, sala 2299, Pampulha – Belo Horizonte – MG; CEP: 31.270-90

Abstract. *The proposal was to present the state-of-the art of the research and development of a system for radioactive seed's implants to perform the prostate brachytherapy, namely SISP. The project was presented, where a set of independent parts was described and at the end to be mounted. These were two supports, anterior and posterior, a mobile-table, guide-plate and a mechanical manipulator. The parts had been elaborated in black-nylon; while the guide-plate in translucent acrylic. After preparing the parts, those had been assembled. Photographs of the SISP's archetype are presented. It was observed that the SISP can perform the procedure of implantation of permanent seeds in the prostate.*

Keywords: radioactive seeds, I-125, prostate cancer, implant, mechanical system.