

SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO REMOTA DE DETECTORES PARA DOSIMETRIA DE FEIXES RADIOTERÁPICOS

LUCAS C. LOPES¹, LUIS F. O. E SILVA², SAMUEL R. AVELINO², JULIANA R. DIAS³, THYAGO F. MANGUEIRA¹.

1. *Ciências Exatas e Tecnologia, UNIP Universidade Paulista*
SGAS Quadra 913 COM J S/N Brasília / DF
E-mails: lucasclopes91@gmail.com, thyagomangueira@yahoo.com.br

2. *Hospital Universitário de Brasília, CACON, Universidade de Brasília*
SGAN 605, Av. L2 NORTE BRASILIA / DF

3. *Instituto de Radioterapia de Taguatinga*
QNC AE 10 - Térreo Lj. 4A - Taguatinga / DF

Abstract— The radiotherapy's quality assurance is based on the delivery of the correct dose for the patient. It's mainly depend on radiation beam dosimetric evaluation. The dose measurement conditions are established by international protocols and should preferably be conducted in standard depths on water with appropriate detectors. During the measurements is necessary to change a number of experimental arrangement making the procedure slow and exhausting. The remote drive detector is the most common solution to reduce the time of this procedure. This project proposes to develop a system using a stepper motor controlled by computer, with computer interfaces which aim to the necessities of dosimetry in radiotherapy. At the current stage, the computerized system makes remote handling and precision equal to or better than 0.1 mm.

Keywords— Robot planning and control, Medical Physics, Radiotherapy, Automation System.

Resumo— A garantia da qualidade do tratamento radioterápico é baseada na entrega da dose correta ao paciente. Isto depende, principalmente, da avaliação dosimétrica do feixe de radiação. As condições de medida de dose são estabelecidas por protocolos internacionais e devem ser realizadas preferencialmente na água, em profundidades padrões e com detectores apropriados. Durante as medições é necessário uma série de alterações no arranjo experimental deixando o processo lento e exaustivo. A solução mais comum para reduzir o tempo deste procedimento é o controle remoto da movimentação do detector. Este projeto se propõe a desenvolver um sistema usando um motor de passo controlado por computador, com as interfaces computacionais necessárias para dosimetria em radioterapia. No estágio atual, o sistema computadorizado faz a movimentação remota e de precisão igual ou melhor que 0,1 mm.

Palavras-chave— Planejamento e controle de robôs, Física Médica, Radioterapia, Sistema de Automação Aplicações em Ciências da Saúde.

1 Introdução

A radioterapia é uma área médica especializada para tratamentos oncológico usando feixes de radiação ionizante. A quantidade de radiação administrada aos pacientes deve ser precisa e exata, pois pequenas variações podem ocasionar desde o não tratamento eficiente até complicações adversas e irreversíveis (WHO, 2008).

A garantia da qualidade do tratamento é baseada na entrega correta da dose ao paciente. Isto depende, principalmente, dos controles mensais sugeridos no protocolo TRS 398 da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). Este protocolo descreve a avaliação do feixe radioterápico de aceleradores lineares em termos de dose na água, em profundidades padrões, com câmaras de ionização (CI) adequadas (Knoll, 1989). Além disso, periodicamente devem ser

avaliados, dentre outros fatores, a dose na água em função da profundidade, traçando curvas de porcentagem de dose em profundidade (PDP) (AIEA - TRS 398). Este processo de avaliação das doses de feixes radioterápicos é chamado, no jargão técnico da área, de dosimetria.

Durante a dosimetria é necessário uma série de alterações no arranjo experimental, o que gera a necessidade de entrar e sair da sala de irradiação a cada modificação, o que deixa o processo lento e exaustivo. Na maioria das vezes a entrada na sala deve-se a necessidade da alteração da profundidade da CI dentro do objeto simulador de água (Podgorsak, 2005; AIEA - TRS 398). Em sistemas manuais a movimentação da CI se dá por uma plataforma ligada a um parafuso sem fim acoplado a um hodômetro com escala em décimos de milímetro. Assim o número de voltas em uma alavanca é diretamente proporcional à profundidade da CI na água.

Um sistema automatizado que utiliza um motor controlado via software pode ser utilizando para movimentar o arranjo. Com poucas adaptações nos sistemas manuais é possível montar um sistema que possibilite as alterações de profundidade remotamente.

O sistema proposto se divide em duas partes: parte da movimentação, a qual modifica a posição na CI, e parte do controle, que comanda a movimentação. A parte da movimentação pode ser realizada por um motor de passo, associado a sensores e necessitando de uma adaptação mecânica para ser inserido ao sistema atual. Já a parte de controle necessita de um módulo, para comandar o motor, deve ser conectado a um computador, já que não pode ter pessoas na sala onde realiza a dosimetria, assim o controle por software em um computador.

2 Propósito

Está sendo proposta uma solução inovadora de automação, a baixo custo, que se adapte a diversos sistemas manuais existentes para a movimentação de CI. O sistema proposto deve ser prático e ter a exatidão e precisão necessária para o levantamento dosimétrico em radioterapia.

3 Métodos

O sistema de automação proposto baseia-se em um hardware e um software, que conseguem realizar uma comunicação pela porta serial de um computador.

O hardware está conectado por um cabo ao computador, onde o software deve ser instalado e executado. Para facilitar a construção, a elaboração do hardware foi dividida duas partes: módulo de controle e suporte (Figura 1). O módulo pode ser dividido em quatro etapas: controle, conversão Universal Synchronous and Asynchronous Receiver-Transmitter (USART), potência e alimentação. A funcionalidade de cada etapa está descrita a seguir:

- Etapa de conversão USART: responsável pela conversão dos níveis lógicos emitidos pela porta serial do computador para o microcontrolador e deste ao computador. Foi utilizado o circuito integrado MAX232, que pode realizar até duas comunicações independentes simultaneamente e podendo converter níveis lógicos entre -30 V e +30 V para -5 V e +5 V. Para ligá-lo utilizou-se de alguns capacitores e uma alimentação de cinco volts.
- Etapa de controle: responsável pelo processamento das informações e comando. Após os dados passarem pela etapa de conversão eles são recebidos e processados pelo microcontrolador, então a tarefa é executada pelo mesmo, com sua conclusão a resposta é enviada ao computador através da etapa de conversão. Utiliza o microcontrolador PIC16F628

da empresa Microchip, foi programado na linguagem C através do programa MikroC.

- Etapa de potência: responsável pelo aumento de corrente para alimentar o motor, já que o microcontrolador não fornece a corrente necessária para movimentar o motor. Foram utilizados quatro transistores Darlington com junção tipo NPN, que são chaveados pelo microcontrolador.
- Etapa de alimentação: responsável pelo funcionamento do módulo e do motor. Está sendo usada uma fonte de alimentação de computador de 220 W.

O software foi elaborado com interface amigável (figura 2) com funcionalidades solicitadas por físicos médicos e dosimetristas (usuários finais).

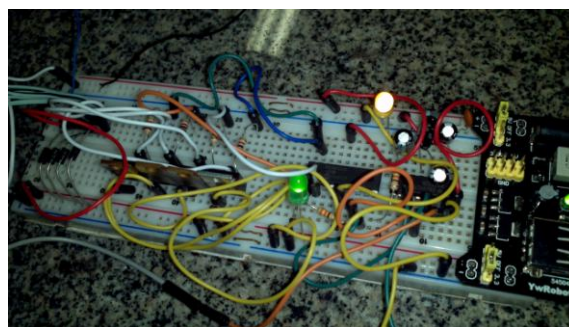


Figura 1. Circuito do hardware na protoboard



Figura 2. Interface do software

Para fixação do motor ao sistema manual foi confeccionado um suporte metálico. Ele foi desenvolvido de forma a ser adaptável a diversos modelos de objetos simuladores. Essa peça sustenta o motor e permite a passagem uma correia que liga a manivela à engrenagem do eixo do motor (figura 3).

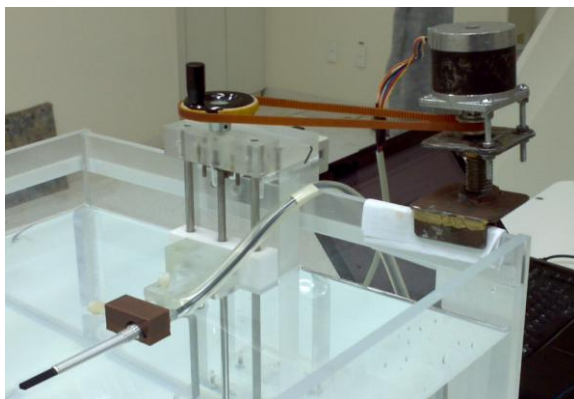


Figura 3. Suporte e objeto de simulação

O objeto simulador com o hardware, o motor e suporte permanecem dentro da sala de irradiação enquanto que o computador que controla a movimentação na CI fica na sala ao lado, junto ao controle do irradiador, onde o usuário pode definir a profundidade via software.

Para verificação da exatidão e precisão do sistema foram realizados testes em dois sistemas diferentes.

Após a adaptação e uma calibração, foi solicitado ao sistema o deslocamento para cinco profundidades: 5, 10, 15, 20 e 25 cm. As profundidades foram verificadas através do hodômetro do sistema manual (Figura 4). Após a leitura em cada uma destas posições era solicitado que o sistema retornar-se para a posição zero e a leitura era novamente anotada.

Foram realizadas 10 repetições para cada profundidade. A confiabilidade do hodômetro não foi verificada.

4 Resultados

O uso do sistema é bastante simples, após configurar a porta em que o módulo está conectado, o usuário deve posicionar manualmente a CI na posição de referência (0 cm) e então realizar uma calibração. Após a calibração basta o usuário entrar com a profundidade desejada e clicar no botão "MOVER".

Os valores medidos apresentaram exatidão e precisão melhores que 0,1%, indicando que o sistema de movimentação remota, quando acoplado ao sistema manual, possui a mesma precisão e exatidão do hodômetro do objeto simulador.

A análise da repetitividade e da reprodutibilidade apresentaram desvio padrão igual a zero ou menor que 0,1% em todas as profundidades verificadas, mostrando que o sistema é tão confiável quanto a movimentação manual. A maior variação encontrada em todas as medições foi de 0,1 mm, sendo esta a incerteza do hodômetro.

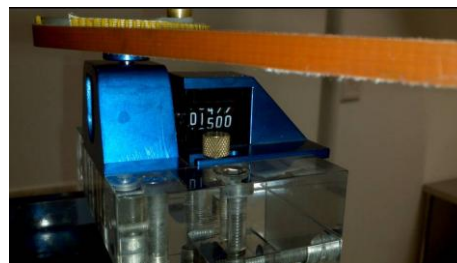


Figura 4. Detalhe do hodômetro

4 Discussões

O software desenvolvido é simples, rápido e intuitivo e o hardware confiável e de fácil montagem, atendendo as necessidades da rotina da equipe de Física Médica dos hospitais colaboradores.

Os testes de exatidão e precisão indicaram que o sistema de movimentação remota, quando acoplado ao sistema manual, possui a mesma precisão e exatidão do hodômetro do objeto simulador. A análise da repetitividade e da reprodutibilidade mostram que o sistema é tão confiável quanto a movimentação manual.

5 Conclusão

Conforme os resultados dos testes mostraram, está comprovada a confiabilidade do sistema de movimentação remota, já que o instrumento utilizado para medições é considerado confiável pelos usuários. Pela praticidade e baixo custo este sistema pode ser uma nova ferramenta para realização de dosimetrias na radioterapia tornando mais rápidas as medições de porcentagem de dose profunda sem grande aumento de custo.

Agradecimentos

Agradeço a todos que deram alguma ajuda com dicas ou sugestões por experiência ou fornecendo material. E um agradecimento em especial a meus colegas da universidade. Também merece um agradecimento a mais o Pereira, o responsável pelo laboratório de mecânica, pela ajuda na construção do suporte. Não posso esquecer o meu avô Adalberto, que forneceu tudo que necessitava para realizar os testes e construção do protótipo.

Referências Bibliográficas

- Filho, E. L. M. (1992). Manual de Redação e Estilo, Maltese.
- Huang, H. S. and Lu, C. N (1994). Efficient Storage Scheme and Algorithms for W-matrix Vector Multiplication on Vector Computers. IEEE

- Transactions on Power Systems, Vol.9, No. 2; pp. 1083- 1094. DOI: [10.1109/59.317622](https://doi.org/10.1109/59.317622)
- Kostenko, M. and Piotrovsky, 1970, L., Electrical Machines, part 2, Mir, Russia.
- Lin, S.L. and Van Ness J.E (1994). Parallel Solution of Sparse Algebraic Equations. IEEE Transactions on Power Systems, Vol.9, No. 2, pp. 743-799. DOI: [10.1109/59.317666](https://doi.org/10.1109/59.317666)
- Marquadt, D.W., June 1963, "An Algorithm for Least-squares Estimation of Nonlinear Parameter" - J. Soc. Indust. Appl. Math., vol. 11, n° 2, pp. 431-441. DOI: [10.1137/0111030](https://doi.org/10.1137/0111030)
- Monticelli, A. (1983). Fluxo de Carga em Redes de Energia Elétrica. Edgar Blucher, Rio de Janeiro - RJ.
- Morelato, A; Amaro,M. and Kokai,Y (1994). Combining Direct and Inverse Factors for Solving Sparse Network Equations in Parallel. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 9, No. 4, pp. 1942- 1948. DOI: [10.1109/59.331454](https://doi.org/10.1109/59.331454)