

# Análise Qualitativa e Quantitativa do sistema de Infravermelho do Exac Trac X-ray 6D no Posicionamento de Pacientes

## Qualitative and quantitative analysis of the infrared system in patients' positioning by comparison between two methods for tracking isocenters

Oliveira C. T.<sup>1</sup>, Nakandakari M. V. N.<sup>2</sup>, Sales C.P.<sup>2</sup>,  
Cunha, A.P. V.<sup>2</sup>, Sereno M.<sup>2</sup>, Rodrigues L.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil  
<sup>2</sup>Serviço de Radioterapia/Instituto de Radiologia do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

### Resumo

Com o advento de técnicas de tratamento de alta complexidade, como radiocirurgia e radioterapia estereotática, aumentou-se a necessidade de reduzir as incertezas espaciais, devido a entrega de altas doses por fração. Neste trabalho foi avaliada a precisão do sistema de Infravermelho (IV) da *BrainLab* versão 5.5, no posicionamento de pacientes com lesões craniais, para posteriormente, implantá-lo na rotina do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da U'SP (HCFMUSP). Para a validação do sistema foram feitos testes utilizando um objeto simulador de isocentro da *BrainLab* que avaliou primeiramente a incerteza na medição do posicionamento e a repetitividade do posicionamento. Uma análise posterior, utilizando informações de 60 pacientes, realizou comparações do posicionamento realizado com o sistema IV e com uma caixa de localização por coordenadas estereotáticas. As maiores variações em todos os testes e para todos os graus de liberdade analisados são inferiores a 1,0 mm e 0,1°, translacional e rotacional respectivamente, garantindo assim, a precisão do sistema de posicionamento de pacientes exigida em técnicas de alta complexidade.

**Palavras-chave:** radioterapia; posicionamento; infravermelho; estereotáxia.

### Abstract

*With the advent of techniques for treatment of high complexity, such as radiosurgery and stereotactic radiotherapy, there is an increased need to reduce spatial uncertainties due to the delivery of high doses per fraction. In this work the accuracy of the Infrared (IR) system BrainLab version 5.5 was evaluated from through the positioning of patients with cranial diseases, and then followed by the routinely implementation at the Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP (HCFMUSP). The validation tests were performed by making use of an isocenter phantom from BrainLab which first evaluated the uncertainty due to the positioning and then its repeatability. Further analysis provided by measurements of 60 patients has been made performed and compared with an IR and localization's box for stereotactic coordinates. The greatest variations in all the tests and all the degrees of freedom can be considered less than 1.0 mm and 0.1 °, translational and rotational respectively, thus ensuring the accuracy of positioning system of patients required in techniques of high complexity.*

**Keywords:** radiotherapy; positioning; infrared; stereotactic.

### 1. Introdução

Em radioterapia, é imprescindível que o volume alvo clínico (CTV) seja posicionado com precisão durante o tratamento, a fim de evitar os efeitos prejudiciais de uma incerteza geométrica.

Historicamente, o paciente é localizado na mesa de tratamento baseado em marcações na pele e, o *setup* de posicionamento é checado uma vez por semana via portal imagem de megavoltagem (MV) que, por sua vez, limita a riqueza de detalhes nas imagens<sup>1</sup>.

Incertezas geométricas contribuem para a necessidade de se adicionar margens de *setup* ao CTV e estas comprometem a segurança dos órgãos em risco adjacentes ao volume alvo<sup>2</sup>.

Com o advento de técnicas de tratamento de alta complexidade, como radiocirurgia e radioterapia estereotática, aumentou-se a necessidade de reduzir as incertezas espaciais na radioterapia<sup>3</sup>.

Segundo o *Task Group 42* da Associação de Físicos em Medicina (AAPM)<sup>4</sup>, estudos que analisaram a variação no *setup* de pacientes tratados com radioterapia convencional, mostraram um desvio padrão de  $\pm 5$  mm para lesões cerebrais. Desta forma, percebe-se a necessidade de se reduzir as incertezas geométricas utilizando localização estereotática em técnicas especiais de tratamento, que, por sua vez, possibilitam incertezas no alinhamento do isocentro de  $\pm 1$  mm.

O Infravermelho (IV) é um componente do sistema *Exac Trac X-Ray 6D* que é composto por duas câmaras IV. Estas componentes refletem esferas posicionadas sobre o paciente e fornecem informações de posicionamento por coordenadas espaciais.

O objetivo deste trabalho é avaliar a precisão do sistema IV (BrainLab versão 5.5) no posicionamento de pacientes com lesões cranianas, e, posteriormente, implantá-lo na rotina do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP–HCFMUSP.

## 2. Materiais e Métodos

Para análise do posicionamento realizado pelo equipamento de IV, foram avaliadas as incertezas nas medições fornecidas pelo sistema, assim como a repetitividade do posicionamento e as diferenças apresentadas entre o sistema com relação à caixa estereotática. Nas duas primeiras análises, um objeto simulador de isocentro da BrainLab com fiduciais externos (Figura 1a) foi utilizado. Além disto, estas análises foram realizadas com o aquecimento prévio do sistema por 60 minutos, e sem o aquecimento do sistema de acordo com as recomendações do fabricante.

A primeira análise consistiu em registrar as flutuações na medição. Já para a repetitividade do posicionamento, foi necessário calibrar o sistema de IV com auxílio do objeto simulador de isocentro e, após calibração, foram induzidos deslocamentos translacionais de 5 mm. Os valores de deslocamento fornecidos pelo sistema foram registrados e avaliados.

Em seguida, foram selecionados 60 pacientes com lesões cerebrais, tratados com sistema de fixação de máscara termoplástica da BrainLab (Figura 1b) com marcadores fiduciais externos. Estes pacientes tiveram o isocentro pré-posicionado utilizando o IV, e os valores translacionais e de rotação dados pelo sistema foram registrados. A caixa estereotática (Figura 1c) foi colocada e, utilizando o conjunto de laser da sala, corrigiu-se o posicionamento do paciente de acordo com os mapas de localização que estavam fixados na caixa estereotática. Os novos valores dados pelo sistema foram registrados e comparados com os do pré-posicionamento obtidos com IV.

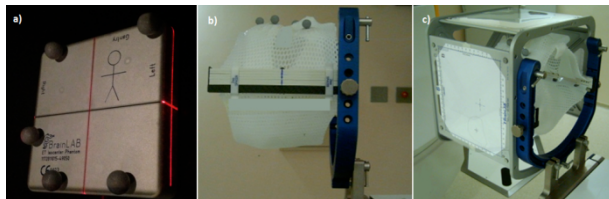


Figura 1: a) Objeto simulador de isocentro com fiduciais externos. b) Máscara termoplástica com fiduciais. c) Caixa estereotática.

## 3. Resultados e Discussão

A incerteza máxima nas medições realizadas com o aquecimento do sistema IV foi de  $0,03 \pm 0,01$  mm sentido longitudinal (translação). Para a

incerteza sem aquecimento do sistema o maior valor foi de  $(0,13 \pm 0,01)$  mm no sentido vertical (translação). Para o ângulo da mesa, não houve variação significativa do sistema tanto com aquecimento quanto sem aquecimento do IV.

No teste de repetitividade foi observado que a maior variação se deu no sentido lateral direito em relação ao paciente tanto para as medições com aquecimento quanto para as medições sem aquecimento do sistema IV. Estas variações foram de  $(0,17 \pm 0,03)$  mm e  $(0,28 \pm 0,03)$  mm, respectivamente.

Os resultados obtidos para verificação da incerteza do sistema e repetitividade das medições foram levemente menores para análise com o aquecimento do sistema. Este resultado já era esperado, pois segundo recomendações do fabricante, a câmara IV exige um tempo de aquecimento de 60 minutos antes do sistema ser calibrado ou dos pacientes serem tratados. E, em casos de falha na observação deste tempo de aquecimento, imprecisões de rastreamento maiores do que 2 mm poderão ocorrer.

Ao comparar os dois sistemas de posicionamento, IV e caixa estereotática, observou-se que a maior variação ocorreu no eixo longitudinal, sentido cranial em relação ao paciente  $(0,84 \pm 0,10)$  mm. As menores flutuações das médias entre um paciente e outro foi no sentido lateral. Quanto ao ângulo da mesa verificou-se que tais dados não seguem um padrão de flutuação e a média das variações encontradas foi de  $(-0,01 \pm 0,01)^\circ$ .

As medições foram registradas de forma que o desvio padrão das leituras representa a incerteza das medições, já que, o valor do desvio padrão foi maior que os valores obtidos no teste da incerteza da medição<sup>5</sup>.

A média e desvio padrão para os testes da incerteza na medição e de repetitividade com e sem aquecimento, são apresentados nas tabelas 1, 2, 3 e 4 respectivamente. Já para o teste da comparação do posicionamento com IV e caixa estereotática segue na tabela 5.

Tabela 1. Média e desvio padrão para o teste da incerteza na medição com aquecimento do sistema IV

	Deslocamentos translacionais (mm)			Rotações (°)
	vert	long	lat	Ângulo da mesa
<b>Média</b>	0,02	0,03	0,03	0,00
<b>Desvio padrão</b>	0,01	0,01	0,01	0,00

Tabela 2. Média e desvio padrão para o teste da incerteza na medição sem aquecimento do sistema IV.

	Deslocamentos translacionais (mm)			Rotação (°)
	vert	long	lat	Ângulo da mesa
<b>Média</b>	0,13	0,08	0,04	0,00
<b>Desvio padrão</b>	0,01	0,00	0,00	0,00

**Tabela 3:** Média e desvio padrão para o teste da repetitividade com aquecimento do sistema IV.

	Deslocamentos translacionais (mm)			Rotação (°)
	vert	long	lat	Ângulo da mesa
<b>Média</b>	0,17	0,07	0,12	0,02
<b>Desvio padrão</b>	0,03	0,01	0,03	0,00

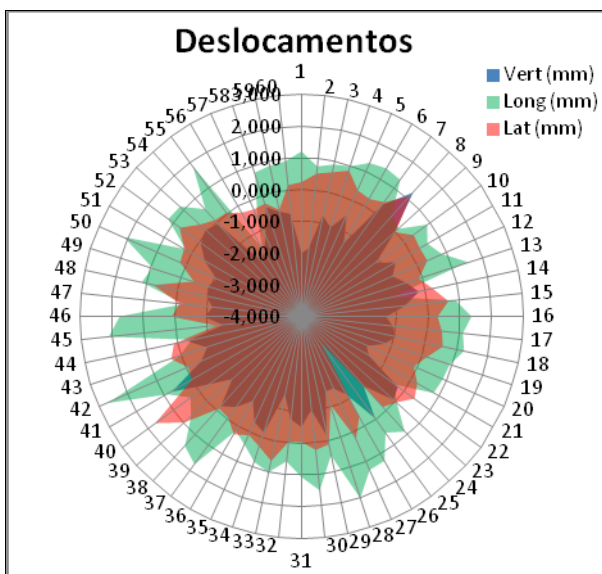
**Tabela 4:** Média e desvio padrão para o teste da repetitividade sem aquecimento do sistema IV.

	Deslocamentos translacionais (mm)			Rotações (°)
	vert	long	lat	Ângulo da mesa
<b>Média</b>	0,28	0,17	0,18	0,13
<b>Desvio padrão</b>	0,03	0,03	0,02	0,03

**Tabela 5:** Média e desvio padrão para o teste da incerteza com relação ao posicionamento com caixa estereotática.

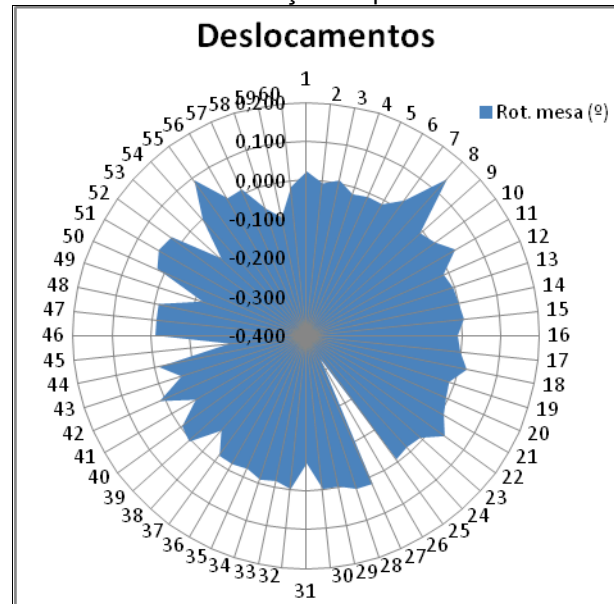
	Deslocamentos translacionais (mm)			Rotação (°)
	vert	long	lat	Ângulo da mesa
<b>Média</b>	-0,75	0,84	0,13	-0,01
<b>Desvio padrão</b>	0,08	0,10	0,08	0,01

Nas figuras 2 e 3, um gráfico polar ilustra para os 60 pacientes avaliados a dispersão em torno do eixo da circunferência da diferença do posicionamento com caixa esterotática e o posicionamento com IV. Cada raio da circunferência representa um paciente e a curva obtida é formada pela intersecção do deslocamento resultante para cada paciente. O gráfico da figura 2 apresenta relação dos deslocamentos obtidos nos eixos vertical, longitudinal e lateral, enquanto o gráfico da figura 3 ilustra os resultados obtidos para a rotação da mesa.



**Figura 2:** Variação dos deslocamentos encontrados para localização do isocentro com IV e localização do isocentro com caixa estereotática. Análise translacional.

Como pode ser visto no gráfico da figura 2, embora a variação das médias entre um paciente e outro tenha sido menor no eixo lateral, as menores variações encontradas no posicionamento se deu no eixo vertical em relação ao paciente.



**Figura 3:** Variação dos deslocamentos encontrados para localização do isocentro com IV e localização do isocentro com caixa estereotática. Análise rotacional.

Em geral, o erro na localização ( $\Delta r$ ) pode ser definido segundo a equação 1.

$$\Delta r = \sqrt{\Delta_{vert}^2 + \Delta_{long}^2 + \Delta_{lat}^2} \quad (1)$$

Onde,  $\Delta_{vert}$ ,  $\Delta_{long}$  e  $\Delta_{lat}$  são as diferenças entre localização com caixa esterotática e localização com IV. Sendo assim, o erro médio de localização encontrado para o sistema IV em comparação com a localização com caixa estereotática foi de  $(1,13 \pm 0,15)$  mm.

#### 4. Conclusões

Os testes realizados mostraram que o sistema de infra-vermelho pode ser utilizado de forma acurada no posicionamento de pacientes que utilizam como sistema de fixação a máscara termoplástica com fiduciais externos. Os dados indicaram ainda que as maiores variações em todos os testes, e para todos os graus de liberdade analisados, são inferiores a 1,0 mm e 1,0°, translacional e rotacional respectivamente, com um erro total na localização de  $(1,13 \pm 0,15)$  mm, respeitando, assegurando assim a precisão do sistema de posicionamento exigida em técnicas de tratamento com alta complexidade.

Além disso, os resultados apresentados mostraram que não houve diferença significativa entre as medições realizadas com e sem o aquecimento do sistema infravermelho. Porém, o fabricante menciona a possibilidade de erros na localização de mais de 2 mm quando realizada sem o aquecimento da câmara antes da calibração ou tratamento dos pacientes. Sendo assim, para os sistemas que estiverem equipados com chave

de temporizador, o uso dessa chave na alimentação do sistema pode evitar falhas na observação do tempo de aquecimento da câmara, e assim garantir a precisão da localização do paciente.

### Agradecimentos

Agradecemos ao Núcleo de Pesquisa do HCFMUSP, ao SESu/MEC e ao SGTES/MS pelo apoio concedido.

### Referências

1. Yin, F.F. The Role of In-Room kV X-Ray Imaging for Patient Setup and Target Localization: AAPM Report No 54. Radiation Therapy Committee Report of Task Group 104, USA, December 2009.
2. ICRU, International Commission on Radiation Units and Measurements. Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU 50). Issued: 1 november 1999. ICRU Report Series No.62.
3. HAYASHI, N. *et al.* Assessment of spatial, uncertainties in the radiotherapy process with the novalis system. J. Radiation Oncology Biology Physics, USA, 2009. Vol 75, No2, pp. 549-557.
4. SCHELL, M.C. *et al.* Stereotactic Radiosurgery: AAPM Report No 54. Radiation Therapy Committee Report of Task Group 42, USA, June 1995.
5. Gallas, M.R. Incerteza de Medição. Texto baseado no Guia Para a Expressão da Incerteza de Medição, 2a edição, ABNT, INMETRO, 1998, e no Manual de Laboratório de Óptica Experimental, B. Buchweitz e P. H. Dionísio, IF-UFRGS, 1994. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/143358023/Incerteza-de-Medicao-pdf>> Acesso em 15/05/2014.
6. Khan, F. M. Treatment Planning in Radiation Oncology. 2nd Edition. Lippincott Williams & Wilkins. 1994.
7. Herk, M. V. Errors and Margins in Radiotherapy. Seminars in Radiation Oncology. Vol. 14, No 1 , pp. 52-64, January 2004.
8. Jin, J.I., Yin, F.F. *et al.* Use of the BrainLab Exactrac X-ray 6D system in image-guided radiotherapy. Medical Dosimetry, USA. 2008; Vol 33, No. 2, pp. 124-134.
9. Choi, D.R.; Ahn, Y. C. *et al.* Accuracy in target localization in stereotatic radiosurgery. Medical Dosimetry, USA, Vol. 22, No. 1, pp. 53-58, 1997.

### Contato:

Camila Trindade de Oliveira  
InRad - HCFMUSP – Travessa da Rua Dr. Ovídio  
Pires de Campos, 75. – Cerqueira César – São  
Paulo, SP – 05403-010 – Brasil.  
E-mail: [camila\\_fmédica@hotmail.com](mailto:camila_fmédica@hotmail.com)