

## LEVANTAMENTO DA CURVA CT-TO-ED PARA CBCT

Amanda F. Meletti<sup>1</sup>, Cristiane Barsanelli<sup>2</sup>, Victor A.B. Ribeiro<sup>2</sup>, Hélio Yoriyaz<sup>3</sup>, Julian M. B. Shorto<sup>3</sup>, Paulo T. D. Siqueira<sup>3</sup>, Maíra G. Nunes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Medicina FMUSP, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup> Instituto de Câncer do Estado de São Paulo, Hospital das Clínicas HCFMUSP, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

<sup>3</sup> Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, São Paulo, Brasil

**Resumo:** A fim de se aproveitar a Tomografia de Feixe Cônico (CBCT) utilizada em técnicas de IGRT para estimar a dose entregue aos pacientes, foi levantada a curva CT-to-ED do sistema kV-CBCT da Elekta-XVI por meio do *CatPhan*<sup>®</sup> – objeto simulador com densidades conhecidas. Foram verificadas diferenças de até 36,7% nos valores de HUs obtidos com diferentes parâmetros de aquisição da CBCT, tornando-se essencial o estabelecimento de protocolos específicos de imageamento em cada Instituição. Apesar de o método aqui empregado ter sido validado com desvios percentuais menores que 0,23%, diferenças ainda maiores foram verificadas entre as curvas da CT de referência e as da CBCT, o que torna indispensável estudar estratégias de correção que viabilizem a sua implementação na clínica.

**Palavras-chave:** Tomografia de Feixe Cônico, Unidade de Hounsfield, Densidade Eletrônica

**Abstract:** *In order to take advantage of Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) used in IGRT for estimating the dose delivered to patients, it was studied a way of converting CBCT values into ED of a kV-CBCT Elekta XVI System by using the CatPhan<sup>®</sup> - a simulator object with known densities. It was obtained HU values with differences up to 36.7% when changing the CBCT image acquisition parameters, making the establishment of protocols a fundamental step. Although the applied method was validated with percentage deviations of less than 0.23%, even higher differences were observed in between the curves of the reference CT and CBCT, highlighting the need of studying correction strategies before its implementation in routine.*

**Keywords:** *Cone-Beam Computed Tomography, Hounsfield Unit, Electron Density*

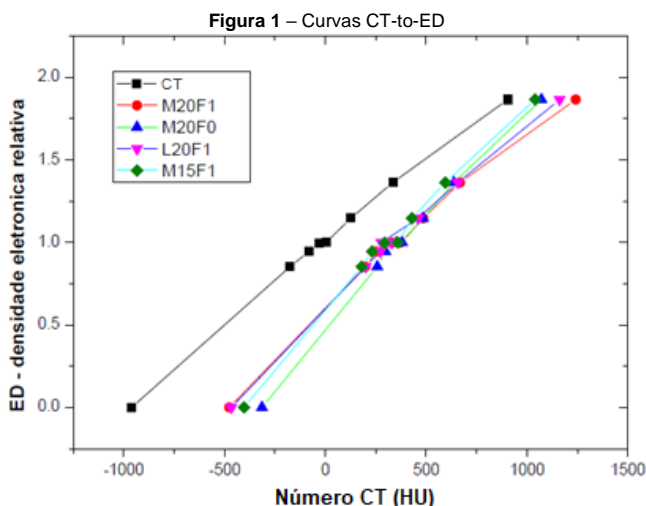
**Introdução:** A Radioterapia Guiada por Imagem (IGRT) faz uso de diferentes dispositivos para verificar o posicionamento do paciente imediatamente antes do tratamento. A CBCT (do inglês, *Cone Beam Computed Tomography*), além de permitir tal verificação, possibilita a estimativa da dose entregue ao paciente e, conseqüentemente, a realização de replanejamentos<sup>1,2</sup>. Para tal, faz-se necessário levantar sua curva CT-to-ED que relaciona a unidade de Hounsfield (HU) com a densidade eletrônica (ED) dos tecidos por meio de fantasmas com densidades conhecidas.

Entretanto, como investigado por muitos autores<sup>1,2,3,4</sup>, a utilização direta das curvas da CBCT não é recomendada por que a qualidade da imagem e sua distribuição de pixels é bastante influenciada pelos parâmetros de aquisição e reconstrução da imagem, pela radiação espalhada e demais artefatos. Sendo assim, o presente trabalho destina-se a levantar a curva CT-to-ED da kV-CBCT da Elekta-XVI, investigar os parâmetros a ela associados e buscar estratégias de correção coerentes<sup>1</sup> a fim de viabilizar seu uso e garantir sua acurácia no cálculo da dose.

**Métodos:** Inicialmente foi levantada a curva CT-to-ED do aparelho de Tomografia Philips Brilliance 16 Big Bore (CT de referência) por meio do *CatPhan*<sup>®</sup> 503, relacionando as Unidades de Hounsfield com as respectivas densidades eletrônicas dos *inserts* nele disponíveis (Ar, PMP, LPDE, Poliestireno, Acrílico, Delrin e Teflon). O mesmo procedimento foi realizado para o levantamento da curva do sistema kV-CBCT da Elekta-XVI variando-se os seguintes parâmetros de escaneamento: tamanho do FOV (P-pequeno, M-médio e L-largo), colimação (comprimento do campo na direção crânio caudal) e presença ou não de filtro (F0-sem filtro e F1-com filtro). Neste estudo, foram utilizados M15F1, M20F0 e M20F1 (*preset* institucional) com 120kV e 10mA e L20F1 com 120kV e 25mA.

Em seguida, foram desenhados no Sistema de Planejamento do Tratamento (TPS) – Monaco (Elekta) v.5.11 – volumes de interesse (do inglês, *Volume of Interest- VOI*) e obtidos os respectivos valores médios de HU. A fim de garantir que exatamente os mesmos VOIs seriam analisados em ambas as tomografias, foi feita a fusão delas no TPS – tomando-se como base para o contorno a imagem da CT. Após o levantamento e estudo das curvas, aquela obtida com o *preset* de M20F1 foi inserida no TPS. Por fim, para validação, fez-se uma comparação dos valores de densidade eletrônica obtidas nas imagens do *CatPhan*<sup>®</sup> da CT e da CBCT, cada qual corrigidas pelas respectivas curvas.

**Resultados:** As curvas de CT-to-ED obtidas encontram-se na figura 1. Nota-se uma diferença significativa inerente entre as curvas da CT e as da CBCT, assim como diferenças menores entre as curvas obtidas na CBCT variando-se, conforme a legenda, os parâmetros de aquisição. Verifica-se, também, que tais diferenças se agravam nas extremidades das curvas, podendo chegar à desvios de até 36,7% e 23,6% nos valores de HUs dos *inserts* de ar e de teflon, respectivamente.



Fonte: Meletti, A. F. (2019)

Os valores de densidade eletrônica obtidas para cada *insert* aplicando-se as duas curvas nas respectivas imagens do CatPhan®, assim como a diferença percentual entre elas, encontram-se na tabela 1.

**Tabela 1** – Valores de Densidade Eletrônica (ED) obtidas, com seus respectivos desvios padrões (DP). O baixo desvio percentual entre elas valida o método utilizado para o levantamento da curva da CBCT.

	Tomógrafo		kV CBCT (M20F1)		Desvio %
	ED	DP	ED	DP	
Ar	0.001	0.005	0.001	0.004	0.00
PMP	0.853	0.009	0.855	0.008	-0.23
LDPE	0.944	0.009	0.945	0.008	-0.11
Poliestireno	0.998	0.006	0.998	0.002	0.00
H2O	1.001	0.006	1.000	0.003	0.10
Acrílico	1.148	0.009	1.147	0.008	0.09
Delrin	1.363	0.011	1.362	0.008	0.07
Teflon	1.866	0.005	1.866	0.006	0.00

Fonte: Meletti, A. F. (2019)

**Discussão e Conclusões:** As diferenças observadas entre as curvas da CT e as da CBCT são justificadas pelas próprias características de imageamento de cada uma delas, as quais incluem desde a construção dos tubos de raios X, suas formas de aquisição e até o tipo de reconstrução de imagem. Já entre aquelas obtidas na CBCT, são observadas diferenças nos valores de HU de até 36,7%, o que impossibilita a utilização de uma única curva para todos os *presets* de aquisição existentes. Dessa forma, torna-se indispensável o estabelecimento de protocolos de imageamento bem definidos dentro de cada Instituição. Os valores de ED obtidos na CBCT, com um desvio percentual máximo em relação aos da CT de 0,23%, validam o método empregado. Entretanto, para a validação da curva levantada e sua implementação na clínica, se faz necessário estudar estratégias de correção capazes de torná-la similar à da CT e garantir, assim, a acurácia na entrega de dose. Pretende-se, portanto, como continuação do estudo, analisar imagens de pacientes reais em tratamento de próstata a fim de estabelecer curvas CT-to-ED específicas para a região da pele, uma vez que a qualidade da imagem da CBCT é muito dependente do tipo e do tamanho do objeto escaneado.

#### Referências:

- Anne Richter et al, Investigation of the usability of conebeam CT data sets for dose calculation – Radiation Oncology, 3:42, 2008. doi:10.1186/1748-717X-3-42
- Tadanori Abe et al, Method for Converting Cone-Beam CT Values into Hounsfield Units for Radiation Treatment Planning - International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology, 2017, 6, 361-375. doi: 10.4236/ijmpcero.2017.64032
- Johan Renström, Evaluation of the Elekta Synergy concept for patient positioning in image guided radiotherapy, Medical Radiation Physics Clinical Sciences, Lund Lund University, 2005.
- Dominika Oborska Kumaszyńska and Douglas Northover, Optimisation of an Elekta XVI (R.5.0.2) System For Clinical Protocols - Image Quality vs Dose - Medical Physics and Clinical Engineering, ESTRO 2017. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/316861961>