

Aplicação da distribuição Burr XII para construção de ossos trabeculares sintéticos por método Monte Carlo paramétrico

Fernanda Gonçalves Oliveira - IFPE- baby.oliveira@hotmail.com.br

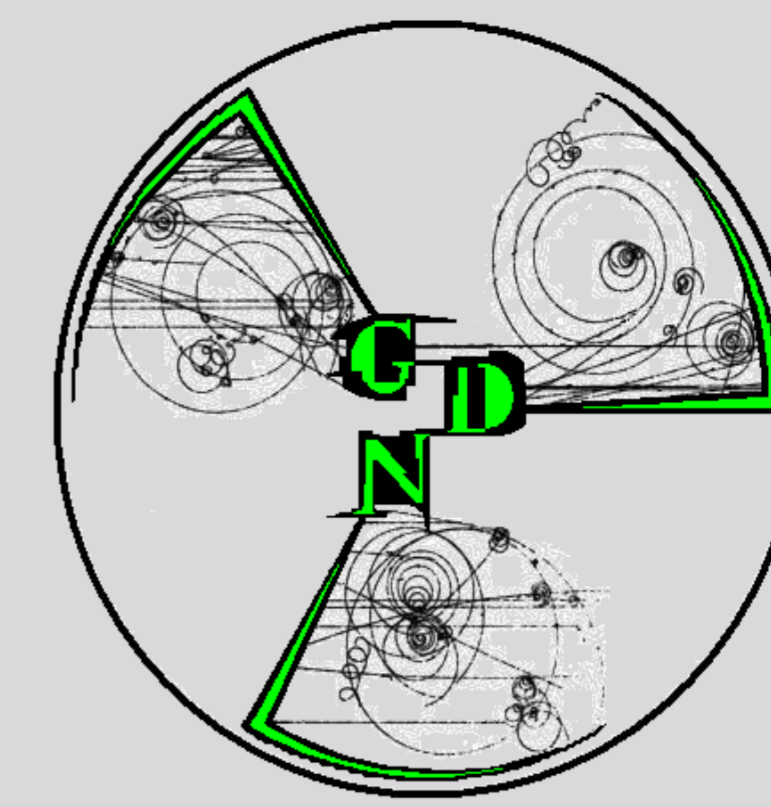
Arthur F. G. de Andrade- IFPE- arthurfelandrade@gmail.com

José W. Vieira - IFPE - jose.wilson59@uol.com.br

Alex C. H. de Oliveira - UFPE - oliveira_ach@yahoo.com

José de M. Lima Filho - IFPE - josedemelo@gmail.com

Fernando R. A. Lima - CRCN-NE - falima@cnen.gov.br



GRUPO DE DOSIMETRIA
NUMÉRICA / CNPq



Introdução

Um dos maiores desafios da dosimetria numérica consiste em estimar a dose de radiação ionizante absorvida pelos tecidos ósseos dentro das cavidades dos ossos trabeculares, devido à complexidade de representar sua geometria. A fim de realizar o apuramento dosimétrico, o GDN tem desenvolvido técnicas Monte Carlo (MC), paramétricas e não-paramétricas, para construção de blocos sintéticos similares às amostras trabeculares dos ossos reais (OR) do crânio, coluna lombar, esterno, fêmur e pelve.

Os métodos MC são ferramentas estatísticas aplicadas em diversos campos para realização de simulação utilizando uma sequência de números aleatórios para obter uma aproximação da solução. As técnicas MC paramétricas consistem em utilizar uma fdp para modelar o perfil de frequência relativa percentual (fr%), relação entre o tamanho dos *clusters* de *voxels* das trabéculas ósseas (variável independente) e da frequência destes *clusters* (variável dependente), das amostras OR nas três direções (coluna, linha e fatia). Estas fdp apresentaram perfis assimétricos à direita.

No presente trabalho, é proposto a utilização da fdp da Burr XII com três parâmetros para criação de ossos trabeculares sintéticos. A sua curva foi ajustada aos perfis do problema e os blocos sintéticos resultantes são estatisticamente similares aos OR.

Distribuição Burr XII

Discutida pela primeira vez em 1942 por Irving W. Burr, a Burr XII, inicialmente foi desenvolvida com dois parâmetros de forma, $k>0$ e $\alpha>0$, mas, em 1980, foi modificada por Tadikamalla que acrescentou na equação um parâmetro de escala, $\beta>0$. Devido a sua versatilidade modelou diversas variáveis como dados de sobrevivências, renda familiar, os preços das safras, de seguro, tempo de viagem, níveis de inundação, dados de falha entre outros.

A fórmula da fdp é dada por

$$f(x|\alpha, \beta, \kappa) = \frac{\alpha\kappa\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1}}{\beta\left[1 + \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}\right]^{\kappa+1}} \quad (1)$$

onde x é o tamanho do *clusters*. A sua correspondente fda é dada por

$$F(x|\alpha, \beta, \kappa) = 1 - \left[1 + \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}\right]^{-\kappa} \quad (2)$$

Pela função quantil, associada a fda, é obtido o gerador de números aleatório. Sendo U a realização de uma distribuição uniforme no intervalo unitário e x^* uma realização $x=x^*$ dado U e os parâmetros do modelo, a função quantil é dada por

$$x^* = \beta \left((1 - U)^{1/\kappa} - 1 \right)^{1/\alpha} \quad (3)$$

Metodologia

Empregando a mesma variável independente da fr% das amostras trabeculares ósseas em (1), é obtido, mediante ajuste de valores reais positivos para os parâmetros κ, α e β , gráficos similares com os perfis correspondentes dos blocos OR ao longo das três direções, priorizando a semelhança entre a região de maior frequência, como na figura 1. Somando todos os pontos dos perfis dos blocos OR e das fdps da Burr XII, calculou-se em seguida o erro relativo percentual entre os gráficos correspondentes. Os resultados obtidos não ultrapassaram 1,09%.

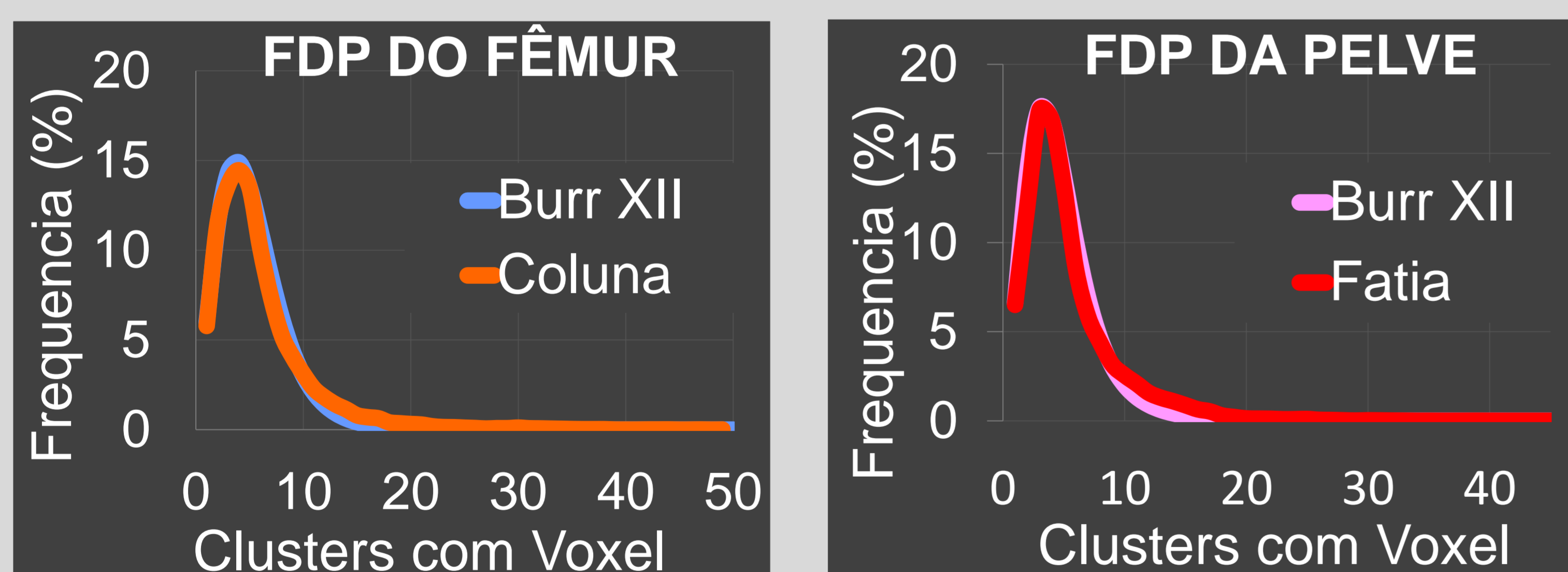


Figura 1: Comparação entre os perfis da fdp da distribuição da Burr XII com as distribuições do fêmur no eixo OX (das colunas), à direita, e da pelve no eixo OY (das linhas), à esquerda.

Os parâmetros escolhidos foram informados nos dados de entrada do *software* *BABY* (*Building trabecular Bone for use in dosimetrY of ionizing radiation*) que geram trabéculas sintéticas (BU) utilizando a equação (3) e com base em blocos OR selecionados pelo usuário. A Figura 2 mostra imagens em 3D de cinco amostras de ossos reais (a primeira linha de imagens) e sintéticas.

Para verificar a similaridade entre os blocos OR e BU foram adotados como descritores: o percentual de osso trabecular e a quantidades de *voxels* nas superfícies dos ossos. Não houve diferença entre os percentuais de *voxels* de osso trabecular nos blocos OR e BU. As quantidades de *voxels* nas células das superfícies dos ossos (CSO) OR e BU apontaram os seguintes erros relativos (ER): ER_Crânio = 1,92%; ER_ColunaLombar = 0,35%; ER_Esterno = 32,97%; ER_Fêmur = 1,22%; ER_Pelve = 1,64%. Estes valores indicam um bom grau de similaridade para a variável *voxels* CSO. Isto é desejado, pois o volume das células da superfície endosteia do osso trabecular de um dado osso influencia no valor da dose ali absorvida.

No aspecto visual, são satisfatórios, uma vez que se destina a cálculo de dose que lidam com medias sobre os voxels.

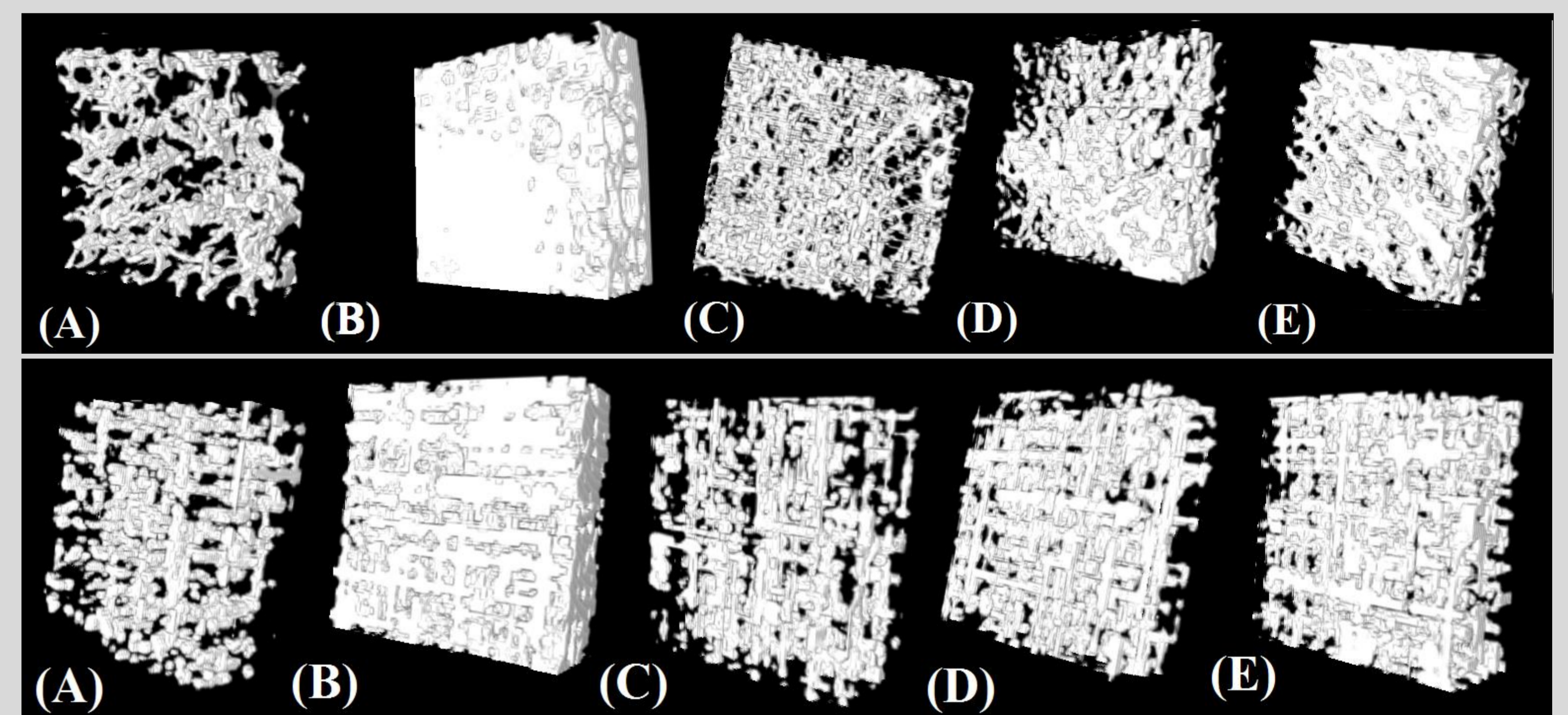
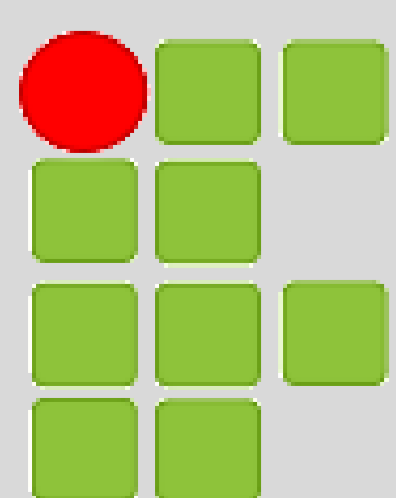


Figura 2: Blocos de ossos reais (primeira linha) e sintéticos: (A) Coluna Lombar, (B) Crânio, (C) Esterno, (D) Fêmur e (E) Pelve.

Agradecimentos



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PERNAMBUCO

