

Utilização de softwares livres para visualização e análise de imagens 3D na Odontologia

Recebido em: mar/2016

Aprovado em: abr/2016

The use of free softwares for 3D image analysis in Dentistry

André Luiz Ferreira Costa – Professor associado dos cursos de graduação pós-graduação em Odontologia, disciplina de Radiologia, da Universidade Cidade de São Paulo (Unicid)

Clarissa Lin Yasuda – Pesquisadora visitante da Divisão de Neurologia, Departamento de Medicina e Odontologia, Universidade de Alberta, Edmonton, Canadá

Ana Carla Raphaelli Nahás-Scocate – Professora associada dos cursos de graduação e pós-graduação em Odontologia, disciplina de Ortodontia, da Unicid

Autor de correspondência:
Ana Carla Raphaelli Nahás-Scocate
Unicid/ Faculdade de Odontologia/ Departamento de Ortodontia e Radiologia
Rua Cesário Galeno, 448/475
Tatuapé - São Paulo - SP
03071-000
Brasil
carlanahas@yahoo.com.br

RESUMO

Softwares livres são programas computacionais, disponíveis gratuitamente na internet, fornecidos aos usuários com a liberdade de executar e repassar sem custo, ou seja, sem a necessidade de se pagar a licença de direitos autorais. Visando aumentar a percepção de Cirurgiões-Dentistas a respeito de vantagens do uso desses softwares como ferramenta de diagnóstico por meio da geração e análise de reconstruções 3D, procuramos introduzir a metodologia da análise computacional em exames de imagem processadas por softwares livres. Adicionalmente, cinco softwares de segmentação e reconstrução 3D serão apresentados.

Descritores: software; tomografia computadorizada; ressonância magnética; imagens

ABSTRACT

Free softwares are computer programs, available for free in the internet, provided to the users to execute without cost, in other words, without the necessity to pay the copyright license. Aiming to enhance the dentists' perception related to the advantages of using these softwares as diagnostic tool through 3D analysis, we are introducing methodologies of computer analysis in images processed by free softwares. Additionally, five free softwares of segmentation and 3D reconstruction are presented.

Descriptors: software, computed tomography; magnetic resonance; image

RELEVÂNCIA CLÍNICA

Aperfeiçoamento do diagnóstico odontológico nos dias atuais pela aquisição de imagens tridimensionais, com a utilização de softwares livres para a sua reconstrução.

INTRODUÇÃO

O progresso na aquisição e processamento de imagens na área da Saúde vem possibilitando o aprimoramento de diagnósticos e tratamentos de doenças. Atualmente, existem à disposição dos profissionais, vários métodos de aquisição de imagens para diagnóstico com técnicas de visualização exploratórias do corpo humano que auxiliam e, muitas vezes, são fundamentais na decisão terapêutica. Assim, o antigo processo de análise de imagens pelo negatoscópio tornou-se obsoleto se comparado às tecnologias atuais.¹⁵

Na década de 1970, iniciou-se uma evolução no diagnóstico por imagem com a introdução da tomografia computadorizada (TC) e, posteriormente, da ressonância magnética (RM) que se tornaram essenciais para a prática clínica moderna. Logo, a tecnologia da TC e da RM prosseguiu evoluindo com cortes mais finos e numerosos.²

As imagens costumam ser adquiridas em planos axiais e juntas constituem um volume, pois mais de uma fatia é adquirida. A reformatação multiplanar consiste em reapresentar os dados dos volumes por meio de cortes em qualquer direção (sagital e coronal), e não essencialmente a direção axial em que os dados foram adquiridos, proporcionando a 3 capacidade de se gerar imagens dos órgãos alvos com uma riqueza de detalhes inigualada por outros métodos.^{4,23}

Com a atual geração de TC, o surgimento da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e com a evolução das RM, é possível adquirir grande quantidade e máxima resolução de dados volumétricos em poucos segundos^{15,18}, proporcionando imagens com dados em voxel isotrópicos que apresentam resolução idêntica em três dimensões.

Estes métodos atuais geram detalhes anatômicos de forma requintada.¹⁶ As técnicas de reconstrução de imagem tridimensional (3D) consistem em permitir a aplicação de uma escala de cores e transparência na imagem reconstruída com alta resolução anatômica e incrível riqueza de detalhes, possibilitando as análises de medidas de volume, diâmetros, distâncias e ângulos, por meio de softwares modernos específicos^{4,15}. Portanto, a reconstrução 3D tornou-se rapidamente uma parte vital das ferramentas de visualização utilizadas em uma variedade de procedimentos de diagnóstico em radiologia⁴. Na Odontologia, destaca-se o planejamento do tratamento virtual em ortodontia, planejamento de implantes, reconstruções do complexo crânio-mandibular e simulações de cirurgias ortognáticas.

No passado, a reconstrução 3D era restrita a computadores das chamadas workstations, muito caros e limitados a utilização a profissionais em hospitais. No entanto, com a evolução dos computadores pessoais, é possível ter, em qualquer ambiente de trabalho, um computador tão poderoso como uma workstation destinado a imagens médicas e capaz de manipular imagens com qualidade e velocidade.¹⁶

A grande limitação há pouco tempo atrás, era a quase inexistência de um software adequado para a análise de imagens DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine, ou comunicação de imagens digitais em medicina), para computadores

pessoais; os poucos disponíveis eram muito onerosos e não acessíveis para o usuário comum.² A maioria dos fabricantes de equipamentos de TC e RM comercializam, ainda hoje, separadamente os softwares para reconstrução 3D a um preço inacessível para a realidade brasileira.³

Apesar de já existir softwares gratuitos nos dias atuais para esse fim, não apresentando direitos de cópia, o que possibilita seu uso sem custos, eles ainda possuem algumas limitações, com alguns apresentando uma interface gráfica pouco amigável. Outros, só podendo ser executados em plataformas específicas.^{3,5}

A proposta deste artigo é apresentar alguns dos softwares livres de reconstrução 3D disponíveis atualmente e fazer uma comparação entre eles, mostrando as vantagens de cada um no campo da Odontologia, além de expor o processo de trabalho para aquisição de modelos 3D.

MÉTODO DE RECONSTRUÇÃO 3D E VISUALIZAÇÃO

Para a reconstrução 3D a partir de imagens bidimensionais (2D), deve-se necessariamente: 1- adquirir as imagens; 2- realizar a segmentação das mesmas, de tal forma que as estruturas de interesse sejam identificadas e separadas; 3- remover os contornos destas áreas segmentadas; e a partir dos contornos alinhados, 4- gerar o modelo 3D e a posterior visualização e cálculos de volumes.

Segmentação

A segmentação consiste em um método para a análise de imagens e tem como finalidade a separação das regiões mediante propriedades de descontinuidade e similaridade, como por exemplo, nível de cinza, e a definição precisa de sua extensão espacial (delineamento). A precisão da segmentação determina o sucesso ou falha de um sistema de análise computadorizada⁸.

Existem três técnicas de segmentação²⁰: a) Na segmentação baseada em regiões, avalia-se o conteúdo dos pixels da imagem, definindo regiões por inclusão dos pixels que contenham propriedades na mesma escala de cinza.

b) Na segmentação baseada em contorno, considera-se a definição geométrica dos elementos da imagem.

c) Na segmentação por textura, avaliam-se regularidades e repetição de características, como cor e luminosidade, para critério de diferenciação de uma região.

A segmentação é também dividida quanto ao papel do usuário no processo, definindo assim três grupos^{13, 21}:

a) manual: o operador indica a área que deve ser incluída na região de interesse.

b) automática: o software escolhe os pixels baseando-se num conjunto de regras previamente determinadas (associada à identificação de grupos de pixels ou áreas da imagem). Neste método, existe menor interação operador/computador.

c) semiautomática: os métodos de segmentação manual e automática são associados, isto é, automatizando parte do processo e deixando que o operador ajude com sua experiência e bom senso. Consiste em fornecer informação inicial acerca da região de interesse permitindo ao operador conduzir o processo de segmen-

tação. Qualquer falha ainda inserida pelo processo de segmentação automática pode ser ajustada manualmente.

Reconstrução 3D e obtenção do volume

As reconstruções 3D geradas a partir das diversas técnicas de imagem podem ser pós-processadas de diversas formas, para melhor demonstração de diagnóstico e de suas relações com os elementos circunvizinhos. Permite-se desta forma, uma melhor visão espacial do que a fornecida pelos cortes axiais.⁵

Inicialmente, essa tecnologia foi aplicada na área da Medicina, não sendo empregada com assiduidade na Odontologia, dado o elevado custo e complexidade dos softwares. Há 20 anos, com o surgimento da TCFC, propiciou-se a difusão de softwares de visualização 3D de imagens médicas na área odontológica, fornecendo equipamentos mais baratos.^{6,7}

O emprego desses softwares é apresentado como um recurso de grande acurácia e precisão¹, pois o volume numérico gerado representa o volume ocupado da estrutura anatômica estudada, significando o número de voxels contidos naquele limite de interesse.²² Como em qualquer processo de imagens médicas, as reconstruções em 3D precisas e confiáveis devem seguir alguns critérios^{9,11,12,18}:

- A distância entre os cortes não pode exceder 1 mm, já que cortes muito espaçados impossibilitam a criação volumétrica (quanto maior é a espessura do corte, mais a imagem estará sujeita à presença de artefatos de volume parcial).
- Campos de visão e centros de exibição idênticos devem ser utilizados em todas as imagens da série escaneada.
- O voxel deve ser isotrópico.

Softwares Livre de Imagens

O domínio público da tecnologia de um software de imagens médicas pode reduzir custos, homogeneizar o uso multicêntrico, possibilitar progresso contínuo e promover o desenvolvimento de diversas linhas de pesquisa.¹⁰

Os requisitos básicos de um software livre são¹⁹:

- Deve ser livremente disponível para download na internet;
- Deve possuir funções avançadas, além da simples exibição de imagens no monitor;
- Deve apresentar uma interface gráfica acessível e entendível para o usuário, permitindo a interação do operador com o software;
- Deve ser de fácil instalação, sem a necessidade de outros programas.

A seguir, serão apresentadas as informações principais sobre alguns dos softwares de imagem disponíveis para download na internet para computadores pessoais e que podem ser usados na Odontologia. Ademais, serão evidenciadas algumas funções que devem estar presentes em um software de imagem de reconstrução 3D, destacando seus pontos fortes.

Vale ressaltar que todos possuem visualização automatizada, análise e quantificação de imagens.

Invesalius

Software livre (Figura 1) desenvolvido no Brasil pelo Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer – CTI. Seu site está hospedado no Portal do Software Público (<http://svn.softwarepublico.gov.br/trac/invesalius/wiki/InVesalius/pt/Download>).

O software opera nas plataformas Linux, Windows, Linux e Ap-

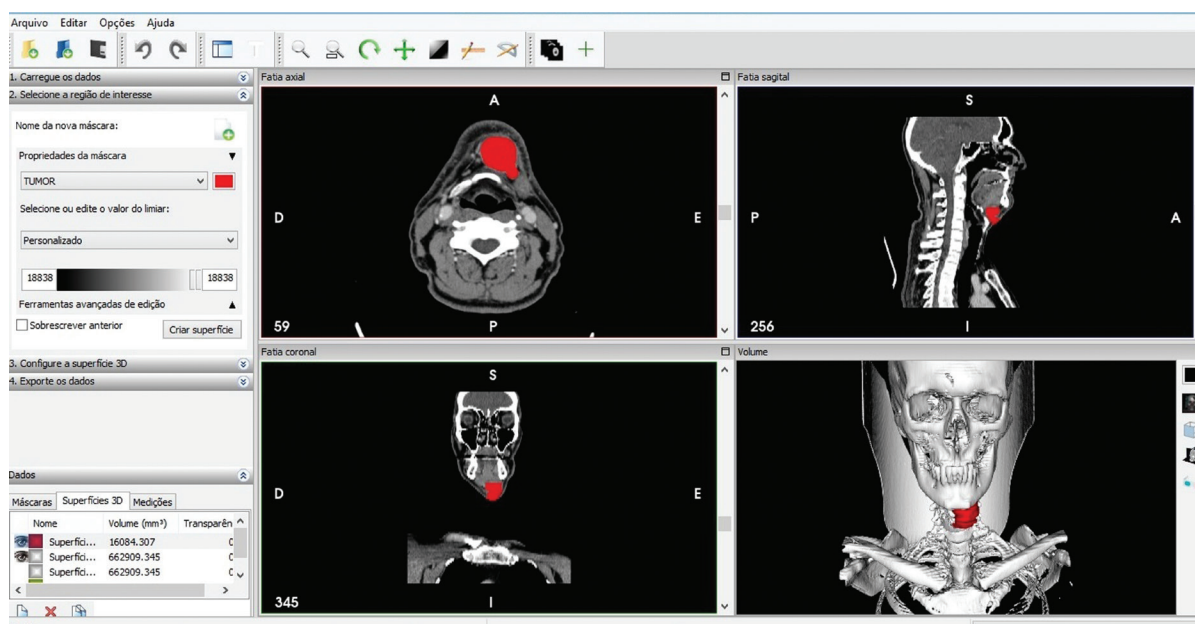


FIGURA 1

Segmentação (em vermelho) de carcinoma espinocelular de base de língua no software Invesalius usando imagens de TC, sendo mostrada nos cortes axial, sagital, coronal e modelo virtual 3D

ple Mac OS X, e obtém imagens 2D, provenientes de equipamentos como TC e RM e gera modelos 3D correspondentes às estruturas anatômicas e renderização volumétrica e segmentação semiautomática e manual. O programa tem sido utilizado em diversas áreas da Saúde e os protótipos biomédicos, na resolução de diferentes casos cirúrgicos.

ITK/SNAP

Software que fornece métodos de segmentação (Figura 2) manual, semiautomático e automático de contorno ativos. Possui um grande número de funcionalidades de apoio e segmentação nos três planos ortogonais de uma só vez e uma interface com visual primoroso e amigável para operação.

Sua execução permite download (www.itksnap.org) nas plataformas Windows, Linux e Apple Mac OS X.

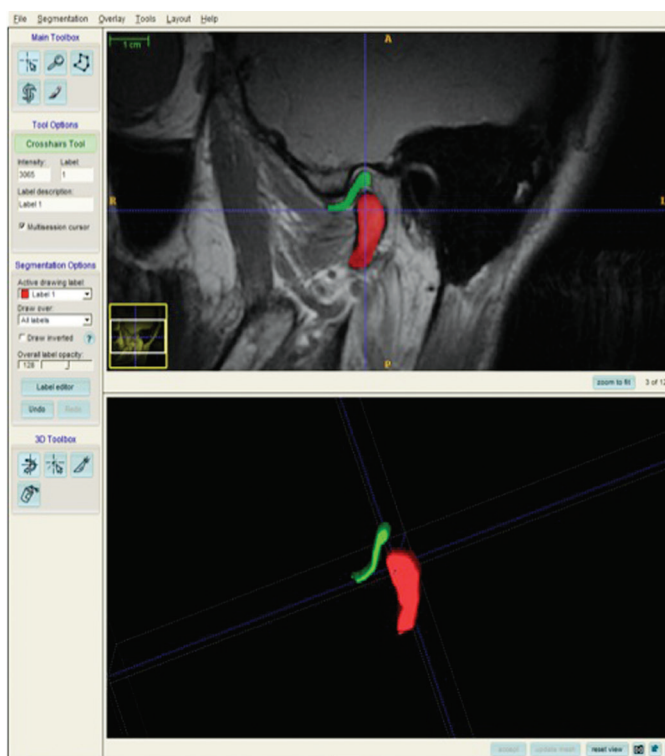


FIGURA 2

Reconstrução 3D do disco articular (verde) e da cabeça da mandíbula (vermelho) em imagens de RM por meio do software ITK/SNAP

OsiriX

O software OsiriX é considerado um dos melhores softwares de imagem médica (www.osirix-viewer.com), com inúmeras funções e ferramentas. As reconstruções 3D podem ser rotacionadas em qualquer plano e esmiuçada virtualmente empregando-se ferramenta de corte, podendo ser realizada em qualquer direção ou angulação (Figura 3). Contudo, este software está disponível apenas para o sistema operacional Apple Mac OS X.

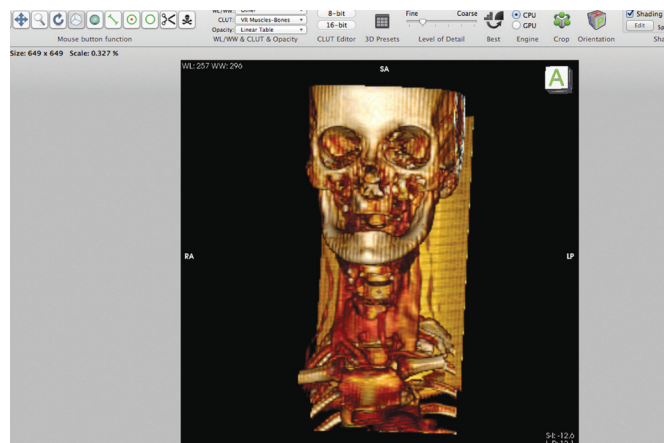


FIGURA 3

Interface do software OsiriX com imagem de TC de crânio em 3D

3D Slicer

O 3D Slicer foi desenvolvido pelo "Surgical Planning Laboratory" do "Brigham and Women's Hospital", pertencente à "Harvard Medical School", em conjunto com o "Artificial Intelligence Laboratory" do "Massachusetts Institute of Technology" (MIT). Este software foi elaborado para análise (registro e segmentação interativa) e visualização (abrangendo renderização de volume) de imagens médicas para pesquisas, possuindo uma interface muito intuitiva (Figura 4). É compatível para download (<http://www.slicer.org/>) em vários sistemas operacionais: Linux, Apple Mac OS X e Windows.

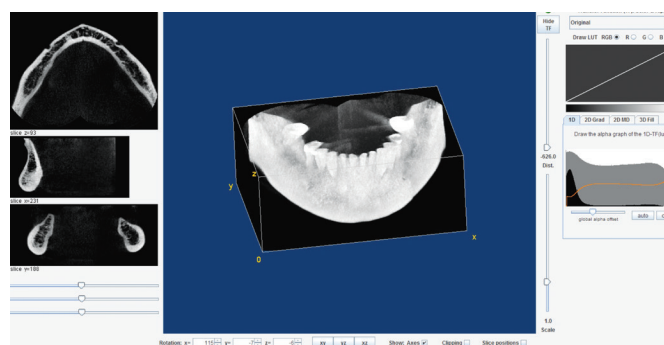


FIGURA 4

Reconstrução volumétrica de uma TCFC da mandíbula por meio do software 3D Slicer

ImageJ

O ImageJ é um software livre e de código aberto (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>) desenvolvido com a ajuda do NIH (National Institutes of Health). Sua funcionalidade pode ser expandida pelo uso de plugins escritos em Java. Esses plugins podem adicionar suporte para novos formatos de arquivos e reconstruções. Sua interface é bastante interessante, tra-

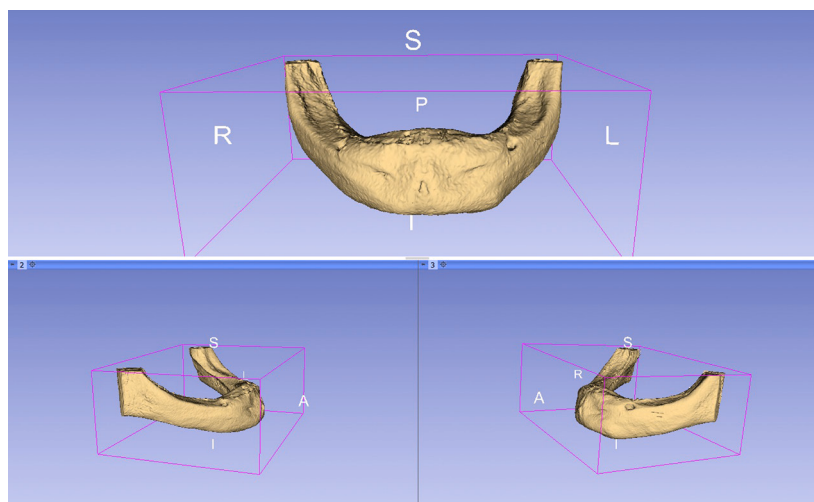


FIGURA 5
Interface do software ImageJ com uma reconstrução 3D de TCFC da mandíbula na janela central com filtro ósseo

tando-se de uma barra horizontal onde se encontram vários ícones (Figura 5).

Este software está disponível para as plataformas Windows, Mac OS X e Linux.

CONCLUSÕES

Nossas inovações levaram a um progresso inédito nos últimos 50 anos, apoiadas na chegada de tecnologias, aprimorando constantemente os diagnósticos e planos de tratamento na área da saúde. A imaginologia odontológica vem sendo favorecida neste

âmbito, principalmente pela aquisição de imagens em 3D e utilização de softwares livres para a sua reconstrução.

Os softwares livres apresentam inúmeras vantagens como: custo zero para licenças e atualizações; modernizações frequentes, mantendo a segurança de dados; flexibilidade e interoperabilidade facilitando a implementação de interfaces que permitem a troca de dados entre diferentes programas e funções; e incentivo ao desenvolvimento tecnológico. O software livre pode e deve se tornar um novo modelo de partilhar informação e conhecimento, constituindo um novo padrão na Imaginologia.

REFERÊNCIAS

- Adams, Gregory L. Gansky, Stuart A. Miller, Arthur J.; Harrell, William E.; Hatcher, David C. Comparison between traditional 2-dimensional cephalometry and a 3-dimensional approach on human dry skulls. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2004; 126(4): 397-409.
- Amato ACM, Benitti DA. The new age of endovascular surgery planning. *J Vasc Bras* 2011; 10 (4): 279-281.
- Amorim, PH, de Moraes TF, Azevedo FDS, da Silva JV. InVesalius: Software Livre de Imagens Médicas. Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer-CTI, Campinas/ SP-2011-CSBC, 2011.
- Costa AL, Yasuda CL, Appenzeller S, Lopes SL, Cendes F Comparison of conventional MRI and 3D reconstruction model for evaluation of temporomandibular joint. *Surg Radiol Anat* 2008; 30: 663-7.
- de Moraes TF, Amorim, PH, Azevedo FDS, da Silva JV. InVesalius – An open-source imaging application. *Computational Vision and Medical Image Processing*. 1ª. ed. London: Taylor & Francis Group, 2011.
- de Moraes TF, Martins TA, Amorim PHJ. Medições em Imagens Médicas Tridimensionais utilizando VTK. *Workshop sobre Software Livre – FISL 10, Porto Alegre – RS. X Workshop sobre Software Livre*, 2009.
- Garib DG, Raymundo JR, Raymundo MV, Raymundo DV, Ferreira SN. Tomografia computadorizada de feixe cônico (cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia. *Rev Dental Press Ortod Ortop Facial*. 2007;12(2):139-56.
- Gonzalez RC, Woods RE. *Digital Image Processing*. 2.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002.
- Greenspan H, Oz G, Kiryati N, Peled S. MRI inter-slice reconstruction using super-resolution. *Magn Reson Imaging* 2002; 20(5):437-46.
- Kon F. O Software aberto e a questão social. Relatório Técnico RTMAC- 2001-07. 2011:1-10. Departamento de Ciência da Computação, IME-USP. Página consultada em 02 de março de 2016: <https://www.ime.usp.br/~kon/papers/RT-SoftwareAberto.pdf>
- Maret D, Telmon N, Peters OA, Lepage B, Treil J, Inglês JM, Peyre A, Kahn JL, Sixou M. Effect of voxel size on the accuracy of 3D reconstructions with cone beam CT. *Dento-maxillofac Radiol* 2012; 41(8):649-55
- Meurer E. As Tecnologias CAD-CAM em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial [Tese de Doutorado]. Porto Alegre: Universidade Católica do Rio Grande do Sul; 2002.
- Pham DL, Xu C, Prince JL. Current methods in medical image segmentation. *Annu Rev Biomed Eng* 2000;2:315-37.
- Ratib O, Rosset A. Open-Source software in medical imaging: development of Osirix. *Int J CARS* 2006; 30 (4): 187-96.
- Ratib O, Rosset A, Heuberger J. Open source software and social networks: disruptive alternatives for medical imaging. *Eur J Radiol* 2011;78(2):259-65.
- Rosset A, Spadola L, Ratib O. Osirix: an open-source software for navigating in multidimensional DICOM images. *J Digit Imaging* 2004;17(3):205-16.
- Salgado R, Mulkens T, Bellinck P, Termote JL. Volume rendering in clinical practice, a pictorial review. *JBR-BTR* 2003; 86:215-220.
- Seeram E. *Computed tomography: physical principles, clinical applications, and quality control*. Philadelphia: Saunders, 1994.
- Valeri G, Mazza FA, Maggi S, Aramini D, La Riccia L, Mazzoni G, Giovagnoni A. Open source software in a practical approach for post processing of radiologic images. *Radiol Med* 2015;120(3):309-23.
- Wellesley MA, Peters AK. *Insight into Images: principles and practice for segmentation, registration, and image analysis*. 1ª. ed. Wellesey: CRC Press Book; 2004.
- Withey DJ, ZJ Koles, ZJ. A review of medical image segmentation: methods and available software. *Int J of Bioelectromagn* 2008; 10(3): 125-148.
- Wu TS, Yasuda CL, Cendes F. Interactive Curvilinear Reforming in Native Space. *IEEE Trans Vis Comput Graph* 2012; 18: 299-308.
- Yasuda CL, Costa AL, Franca Jr M, Pereira FR, Tedeschi H, de OE, et al. Postcraniotomy temporalis muscle atrophy: a clinical, magnetic resonance imaging volumetry and electromyographic investigation *J Orofac Pain* 2010 24(4): 391e397.