

## SOLUÇÃO DE TECNOLOGIA PARA PLANEJAMENTO AUTOMATIZADO DE TRATAMENTO ORTODÔNTICO DE DENTES INCLUSOS

Jefferson Felipe Silva de Lima<sup>1</sup>, José Augusto de Oliveira Neto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde (NUTES), Universidade Estadual da Paraíba,  
Campina Grande, Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Computação, Universidade Estadual da Paraíba (Campus I), Campina Grande,  
Brasil

**Resumo:** Objetivo: O presente trabalho busca o desenvolvimento de uma solução de tecnologia que possa auxiliar o tratamento e edição de imagens para um planejamento semiautomatizado de tratamento de dentes caninos inclusos. Métodos: Para isto foi verificado no âmbito do LT3D/NUTES casos clínicos de dentes caninos inclusos e requisitos de um biomodelo para melhor apoiar o planejamento e execução do tratamento ortodôntico. De posse dos requisitos, foram feitas análises em dez softwares de modelagem tridimensional visando identificar o cumprimento das tarefas elencadas como essenciais para a simulação do tratamento supracitado. Resultado: Resumo da análise dos softwares contendo as combinações de funcionalidades que permitem o auxílio no planejamento do tratamento.

**Palavras-chave:** Cirurgia Assistida por Computador; Impressão Tridimensional; Procedimentos Cirúrgicos Bucais.

**Abstract:** Objective: This work aims to develop a technology solution that makes use of image treatment and editing software tools to support a semi-automated treatment planning of impacted canine teeth. Methods: For this purpose clinical cases of canine teeth in the LT3D / NUTES were studied and a set of requirements were defined for a biomodel to better support the planning and execution of orthodontic treatment. Based on the requirements, ten 3D design software tools were analysed to verify the fulfillment of the set of tasks (requirements) listed as essential to simulate the orthodontic treatment. Results: We provide a summarized analysis of the software studied containing combinations of features that make the semi-automated treatment planning possible.

**Keywords:** Surgery, Computer-Assisted; Printing, Three-Dimensional; Oral Surgical Procedures.

### Introdução

Vários softwares de modelagem e criação tridimensional vêm sendo disponibilizados no mercado. Dentre várias áreas de atuação, a saúde é uma das que está sendo contemplada, pois através de imagens oriundas de dispositivos de diagnóstico por imagem é possível (com auxílio de alguns softwares) a modelagem tridimensional.

Tais imagens na grande maioria dos casos são da extensão DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), formato este que foi criado com o propósito de ser um padrão comum de imagens e informações médicas digitais. As informações inseridas nesse formato carregam registros sobre transferência de dados, armazenamento, entre outros aspectos funcionais que podem descrever em mais detalhes a imagem propriamente dita.<sup>1</sup>

Apesar de todas as vantagens descritas, as imagens oriundas do formato DICOM são de duas dimensões que, quando sobrepostas, formam um conjunto malhas poligonais (termo oriundo do inglês *meshes*) correspondente a estruturas compostas por vértices, formando assim um esqueleto para os objetos tridimensionais. Uma vez esculpidas em softwares específicos, as malhas podem adquirir texturas e propriedades alteráveis.<sup>2</sup>

Como forma de aquisição da imagem, temos como uma das principais fontes os exames de tomografia computadorizada, que é um exame complementar de diagnóstico por imagem. A tomografia separa a imagem por fatias obtidas através sucessão de raios-x a um corpo, sendo o conjunto de fatias submetido ao processamento apoiado por computador. A palavra é advinda do grego “*tomos*” (seção) + *grafia*. Por ser um ensaio não-destrutivo, permite a apresentação de órgãos internos, sem a necessidade de abrir um corpo.<sup>3</sup>

Para determinados procedimentos, a observação visual ou tátil não é suficiente para se conseguir o diagnóstico preciso. Mesmo sendo uma ajuda muito eficiente, as imagens 2D oriundas de exames de diagnóstico por imagem muitas vezes exigem altos níveis de abstração por parte dos profissionais. Dessa forma, a utilização de imagens tridimensionais antes de iniciar um tratamento, como em tratamentos ortodônticos, por exemplo, pode contribuir com o planejamento.<sup>4,5</sup>

Na odontologia, dentes caninos impactados na região maxilar possuem maior incidência em indivíduos do sexo feminino, sendo que aproximadamente 2,5% dos caninos maxilares surgem impactados, e destes 85% não conseguem ser palpados via bucal ou palatal, o que ocasiona também a reabsorção dos dentes adjacentes.<sup>6</sup>

O diagnóstico do dente canino impactado normalmente é feito através de exames clínicos e radiográficos, motivados por queixas diversas (como dores) na região dos dentes. No mínimo, são necessárias duas tomadas radiográficas em diferentes posições (panorâmica, oclusal ou pariapical), permitindo até a utilização de radiografias extra-bucais, óstero-anterior e lateral.<sup>5</sup>

As causas mais comuns para tal anomalia são: o crescimento da caixa craniana em detrimento dos maxilares, a falta de espaço no arco dentário, posição anormal do germe dentário, obstáculos como cistos, tumores, dentes supranumerários, estruturas ósseas mais densas, perda de força eruptiva, entre outras.<sup>7</sup>

Um possível tratamento para tal anomalia é a cirurgia de tracionamento dentário. Tal cirurgia é um procedimento no qual o dente impactado é puxado para fora da região gengival com o auxílio de um aparelho ortodôntico, podendo ser ele fixo ou removível (Figura 1). É um procedimento de risco cirúrgico considerável na ortodontia<sup>6</sup> e observa-se uma carência em soluções computacionais que possa auxiliar e simular tal cirurgia. A simulação é uma opção viável para aprimorar a precisão e a celeridade no procedimento, visto que comumente o diagnóstico é feito apenas via percepção tátil, ou via imagens em 2D de exames de diagnóstico por imagem.



Figura 1: Processo da cirurgia de tracionamento dentário, considerando (na primeira imagem) a identificação do dente canino incluído, na segunda imagem a cirurgia de ulotomia, na terceira imagem a aplicação do cabo de tração, e na última imagem o reposicionamento do dente no local anatomicamente ideal.

No âmbito deste trabalho, uma pesquisa foi realizada acerca dos conceitos básicos e essenciais desse tipo de cirurgia, bem como das ferramentas computacionais que possam aprimorar o processo e cumprir com mais precisão e eficiência os passos de planejamento e execução na cirurgia de tracionamento. Tal pesquisa foi guiada a partir de coleta de informações com profissionais da área da odontologia e também por pesquisas acerca de casos clínicos reais no âmbito do LT3D/NUTES/UEPB.

Após o entendimento dos passos realizados na referida cirurgia, os requisitos funcionais para o desenvolvimento de uma solução computacional semi-automatizada foram definidos, para que assim essa solução possa intervir na carência existente em termos de ferramentas computacionais que aprimorem esta prática cirúrgica. Com base nos requisitos definidos, ferramentas de design 3D foram avaliadas e, com base na análise, apresentamos um quadro que mapeia cada passo do planejamento cirúrgico às tecnologias 3D à(s) etapa(s) com maior potencial de automação do processo.

## Métodos

A pesquisa exploratória foi a escolhida para o levantamento de requisitos. Tal metodologia consegue trazer maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito. Nessa metodologia, o levantamento bibliográfico, entrevista com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos são observados em busca de melhor compreensão.<sup>8</sup>

Foi efetuado um estudo dos casos clínicos existentes no âmbito do Laboratório de Tecnologias Tridimensionais do Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba (LT3D/NUTES/UEPB). O levantamento se deu sobre o arquivo de solicitações de serviços e termos de compromisso armazenado no laboratório.

Diante da temática maior e dos casos analisados, foi definido o problema da pesquisa de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Identificação do problema da pesquisa.

Assunto	Tema	Problema
Modelagem de biomodelos utilizando prototipagem rápida, destinado a planejamento cirúrgico e tratamento ortodôntico.	Planejamento e simulação cirúrgica de dentes caninos inclusos, que apoiem a cirurgia e, posteriormente, o tratamento ortodôntico.	O desenvolvimento de uma solução computacional é capaz de apoiar o tratamento e a edição de imagens destinadas ao planejamento da cirurgia de ulotomia ou ulectomia e o posterior tracionamento em tratamento ortodôntico de dentes caninos inclusos?

Em cada solicitação de impressão 3D na arcada que apresenta o problema de dentes caninos inclusos, além da parte documental impressa, consta o arquivo (normalmente em CD) com as imagens médicas a serem tratadas e impressas. Foram observados os formulários e foram analisados os arquivos de imagens médicas de cada caso, com o objetivo de verificar a relação entre os casos existentes com o problema da pesquisa.

Após a identificação, foi realizada a investigação na literatura vigente, em busca de um melhor entendimento dos procedimentos que envolvem o tracionamento dentário. Dentre os trabalhos analisados, foram observados alguns que utilizaram o planejamento cirúrgico por computador, porém nenhum que abordasse diretamente a modalidade de cirurgia proposta por esse trabalho.

Com as informações coletadas acerca dos casos clínicos e as informações relacionadas aos procedimentos comumente executados na cirurgia de tracionamento, elencamos os requisitos básicos da solução computacional que possa auxiliar no planejamento da cirurgia de tracionamento dentário, e a partir destas informações, analisamos um grupo de 10 softwares sob os seguintes critérios: disponibilidade de licença de utilização gratuita, software com últimas atualizações em no mínimo 2 anos, compatibilidade com Sistema Operacional Windows 7 (64 bits) – considerando os computadores que executaram os testes.

Após a análise dos softwares, foram observadas as suas carências e aptidões, visando a união de ações específicas de cada software, em busca do cumprimento do planejamento cirúrgico de acordo com os requisitos evidenciados.

Foram pesquisados também os conceitos acerca da impressão tridimensional, mais precisamente o que envolve a manufatura aditiva, sendo este, um conjunto de processos que sintetizam objetos tridimensionais utilizando-se principalmente da estratégia de unir várias camadas previamente programadas por computadores. Vale ressaltar que tais objetos podem ter as mais diversas formas geométricas.<sup>9,10</sup>

As formas geométricas no âmbito deste trabalho se restringem a uma das partes da maxila e das formações dentárias. Por serem estruturas complexas, foram analisadas no histórico da impressão tridimensional os pilares que envolvem tal tecnologia, para dessa forma compreender os sistemas de impressão, suas vantagens e desvantagens e quais destes seriam mais eficientes para o problema em questão.

Existem diversos tipos de prototipagem rápida disponíveis no mercado, que seguem a mesma metodologia de formação de peças, via a adição de material camada por camada (do inglês, *layer-by-layer*). A diferenciação existente entre elas se dá no estado ou forma inicial que a matéria prima encontra-se, sendo possível a matéria-prima estar em estado líquido, sólido ou em pó.<sup>11</sup>

## Resultados e Discussão

De acordo com a investigação na literatura, foi estudado o processo que se dá desde a cirurgia de ulotomia ou ulectomia, até o posicionamento correto do dente canino incluído. Diante disso, foi feito o levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais junto a profissionais da área da odontologia (que também atuam no LT3D/NUTES/UEPB). Os requisitos foram validados e considerados fidedignos ao processo.

Os requisitos elucidados foram:

- Requisito Não-funcional 01: Recepção da Imagem, coletando a imagem oriunda do dispositivo de diagnóstico por imagem (em formato DICOM) e a transformando num arquivo de malhas poligonais com formato compatível com os arquivos que possam ser impressos em impressoras tridimensionais (exemplo: formato STL);

Os principais fatores que levaram a tal decisão foi o fato do formato DICOM, que é um padrão de fato para medicina digital, além de possuir excelente qualidade de imagem (abrangendo até 65.536 tons de cinza em uma tela monocromática), auxilia na codificação completa de dados médicos (possuindo mais de 2000 atributos padronizados), entre outros (Figura 2).

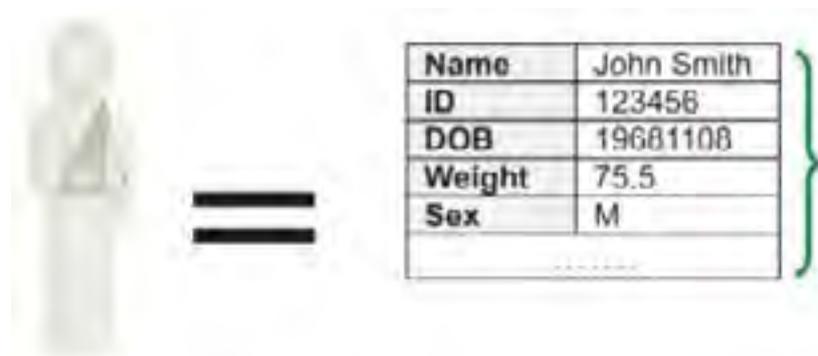


Figura 2: Comparativo de um paciente no “mundo real” e um paciente num “mundo DICOM”, onde as informações geradas, são chamadas de “Patient Information Object Definition” ou “Patient IOD”.<sup>1</sup>

- **Requisito funcional 01:** O primeiro requisito é permitir que se faça na imagem uma seleção da área do dente canino incluso (simulando a cirurgia de ulotomia ou ulectomia).
- **Requisito funcional 02:** O segundo requisito é permitir que seja possível movimentar (por mouse) o dente que foi selecionado no primeiro requisito, sendo a movimentação esperada a translação e a rotação nos eixos x e y. Vale frisar que tal movimentação corresponde aos movimentos realizados pelo cabo de tracionamento, de acordo com os ajustes que venham a ser executados pelo dentista durante o procedimento do tracionamento;
- **Requisito funcional 03:** O terceiro requisito foi definido de acordo com as informações dos profissionais da saúde do LT3D/NUTES/UEPB, que se queixam da ausência de trajetórias marcadas em alto-relevo em biomodelos em casos que envolvem dentes caninos inclusos. A partir do momento em que o cirurgião consegue ter um biomodelo no qual está demarcado o percurso do dente canino incluso até o local anatomicamente correto, torna-se possível além de treinar virtualmente o procedimento, como demonstrar ao paciente o trajeto, podendo assim acompanhar o processo inteiro verificando se está seguindo de acordo com o simulado e impresso no biomodelo proposto.

Uma das formas de se observar tal procedimento, foi analisando os casos existentes no LT3D/NUTES/UEPB, conforme resumo segue na Tabela 2, abaixo.

Tabela 2: Resumo dos Pacientes com casos de dentes caninos impactados encontrados no LT3D/NUTES/UEPB.

Paciente	Sexo	Idade	Dentes Selecionados
Paciente 1	Masculino	27 anos	13 e 23
Paciente 2	Feminino	16 anos	13 e 23
Paciente 3	Feminino	38 anos	13 e 23
Paciente 4	Feminino	Sem idade informada	13 e 23
Paciente 5	Feminino	13 anos	13 e 23

Os casos acima, juntamente dos seus arquivos DICOM, serviram de arquivos-teste para os softwares que foram analisados. O hardware disponibilizado para os testes foi a configuração básica dos computadores disponíveis no LT3DNUTES/UEPB, computador desktop com a seguinte configuração: Processador Intel® Xeon ® CPU 2.13Ghz, 6Gb de Memória RAM e disco rígido com capacidade de 1TB.

Para avaliação final das conformidades existentes entre os requisitos funcionais da solução computacional proposta e as funções disponibilizadas pelos softwares selecionados, foram utilizados os seguintes conceitos:

- Totalmente (T): quando a função disponível no software contempla totalmente o que é solicitado no requisito;
- Parcialmente (P): quando a função disponível no software contempla parte do requisito, ou consegue de uma forma diferente chegar ao objetivo do requisito;
  - Exemplo: Função de rotação e translação possíveis de ser efetuadas por código, e não por mouse, como desejado;

c. Não permite (NP): quando não há função disponível no software que contemple o que é solicitado no requisito.

Diante disso, o resultado das análises está descrito abaixo, na Tabela 3.

Tabela 3:Resumo dos softwares analisados na pesquisa.

Software analisado	RNF01	RF01	RF02	RF03
FreeCad	NP	P	T	NP
NetFabb	NP	P	T	NP
Invesalius	T	P	NP	P
Meshlab	NP	NP	P	NP
OpenSCAD	NP	NP	P	NP
3DSlicer	T	P	NP	NP
Craftware	NP	NP	P	NP
Cura	NP	P	T	NP
Slic3r	NP	P	T	NP
Blender	NP	T	T	P

No tocante a sistema de impressão tridimensional utilizado para fabricação eu biomodelo, foi elencado no contexto do nosso problema de pesquisa (diante da realidade do LT3D/NUTES/UEPB), a Estereolitografia, que está inserida no rol dos sistemas de matéria-prima líquida.

A característica maior dos sistemas de matéria-prima líquida é que estes trabalham com a polimerização de resina líquida (utilizando lasers UV), jateamento de resina líquida (com processo similar ao existente em impressoras a jatos de tinta convencionais), além da cura desta resina, ante a exposição de luz UV.<sup>12</sup>

A Estereolitografia foi patenteada em 1986 e é um dos processos responsáveis pela disponibilização comercial da técnica da prototipagem rápida. Tem como matéria prima resina fotocurável, cuja cura é obtida utilizando um laser UV. O laser segue a geometria obtida pelo fatiamento da peça 3D, em várias camadas 2D, onde para cada camada inserida a plataforma de impressão posiciona-se para a inserção de uma nova camada acima da já preenchida. Para peças desconexas, o sistema produz um material de suporte para evitar afundamento da peça. Após a impressão, existem métodos que separam o material de suporte do material impresso.<sup>13</sup>

## Conclusão

Dentre os tratamentos ortodônticos dos mais complexos, figuram a correção de dentes caninos inclusos, através de tracionamento que se faz possível via cirurgia de ulotomia. Imagens em duas dimensões e exames clínicos são os subsídios mais utilizados pelo ortodontista para planejar e realizar o tratamento ortodôntico para esses casos.

Mais recentemente, biomodelos 3D têm se tornado ferramentas efetivas para melhor planejar o tratamento e dar suporte a decisão e execução mais qualificado ao ortodontistas. Dentre os requisitos de uma ferramenta que construirá a malha 3D a ser impressa em um biomodelo, classificados como fundamentais por ortodontistas consultados, foram analisadas diversas ferramentas de design gráfico e foi concluído que:

- Nenhuma ferramenta atende totalmente a todos os requisitos apresentados;

- Uma combinação de ferramentas gratuitas (software livre) está disponível para atender aos requisitos elencados, embora parcialmente para alguns requisitos.

Como trabalhos futuros, estão sendo selecionadas funcionalidades de ferramentas de software livre, dentre as pesquisadas, que uma vez implementadas venham a completar as lacunas atuais, atendendo assim totalmente aos requisitos elucidados.

## Agradecimentos

Ao Laboratório de Tecnologias 3D do Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, na Universidade Estadual da Paraíba (LT3D/NUTES/UEPB) pelos casos disponibilizados, recursos oferecidos e profissionais de saúde envolvidos na elucidação de requisitos.

## Referências

- [1] S. Pianykh O. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) - A Practical Introduction and Survival Guide. 2nd ed. Boston: Springer; 2012.
- [2] Leitão DK. Entre primitivos e malhas poligonais: modos de fazer, saber e aprender no mundo virtual Second Life. Horizontes Antropológicos. 2012 Julho - Dezembro; XVIII(38).
- [3] Bicalho CdS, Doneda C. Tomografia Computadorizada. Cascavel: Centro Nacional de Aprendizagem - CENAP; 2010.
- [4] Bjerklin K, Ericson S. How a computerized tomography examination changed the treatment plans of 80 children with retained and ectopically positioned maxillary canines. The Angle Orthodontist. 2006 Janeiro; 76: p. 43-51.
- [5] Porto MdS. Caninos Impactados e Ectópicos: Revisão de Literatura. Santa Cruz do Sul,: FACULDADES UNIDAS DO NORTE DE MINAS - FUNORTE; 2013.
- [6] Smith B, Stewart K, Liu S, Eckert G, Kula K. Prediction of orthodontic treatment of surgically exposed unilateral maxillary impacted canine patients. The Angle Orthodontist. 2012 Julho; 82(4): p. 723-731.
- [7] Takeshita W, Utumi JRM. Avaliação quanto à posição e prevalência de dentes impactados nas radiografias panorâmicas da Clínica Odontológica da Faculdade Ingá-PR. Journal of the Health Sciences Institute - Revista do Instituto de Ciências da Saúde. 2012 Julho/Setembro; p. 222-226.
- [8] Gil AC. Como elaborar projetos de pesquisa. 4th ed. São Paulo: Atlas; 2007.
- [9] Cummins K. The Engineer. [Online].; 2010 [cited 2016 Fevereiro 16. Available from: <http://www.theengineer.co.uk/the-rise-of-additive-manufacturing/>.
- [10] Create it Real. Create It Real. [Online].; 2014 [cited 2016 Fevereiro 16. Available from: <http://www.createitreal.com/index.php/technology/process>.
- [11] Ravi B, Pal DKB, Chandrasekhar U, Bhargava LS. Computer-Aided Reverse Engineering for Rapid Replacement Parts: A Case Study. Defence science journal. 2006 Abril; 56(2): p. 225- 238.
- [12] Boboulos A. CAD - CAM & Rapid Prototyping Application Evaluation. 1st ed. Frederiksberg: Ventus Publishing; 2010.
- [13] Gaetti-Jardim CE, Faria KM, Santiago Júnior JF, Jardim Júnior GE, Saad Neto M, Aranega MA, et al. Conduas terapêuticas para caninos inclusos. UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde. 2012 Janeiro - Março; 14: p. 51-56.

## **Contato**

### **Jefferson Felipe Silva de Lima**

(jfsilvadelima@gmail.com)

Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde

Av. Juvêncio Arruda, S/N - Campus

Universitário – Bodocongó, Campina Grande-  
PB, CEP: 58.429-600.

Email: nutes@uepb.edu.br

Telefone: +55 (83) 3315-3336

### **José Augusto de Oliveira Neto**

(zedeguga@gmail.com)

Departamento de Computação

Rua Juvêncio Arruda, s/n – Campus

Universitário – Bodocongó, Campina Grande-  
PB, CEP: 58109-790.