



Universidade de Araraquara
Mestrado em Ciências Odontológicas
Área de Concentração Implantodontia

Ricardo Caldeira Cardoso

APLICATIVO PARA IDENTIFICAÇÃO DE IMPLANTES
DENTÁRIOS- ESTUDO PILOTO

ARARAQUARA

2020



Universidade de Araraquara
Mestrado em Ciências Odontológicas
Área de Concentração Implantodontia

Ricardo Caldeira Cardoso

APLICATIVO PARA IDENTIFICAÇÃO DE IMPLANTES
DENTÁRIOS- ESTUDO PILOTO

Dissertação apresentada à Universidade de Araraquara-UNIARA, para obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Área de Concentração: Implantodontia

Orientadora: Profa. Dra. Karina E. Dela Coleta Pizzol

Coorientador: Prof. Dr. Rogério Margonar

ARARAQUARA

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

C266a Cardoso, Ricardo Caldeira

Aplicativo para a identificação de implantes dentários – estudo piloto/

Ricardo Caldeira Cardoso. – Araraquara: Universidade de Araraquara, 2020.

50f.

Dissertação (Mestrado)-Ciências Odontológicas- Universidade de
Araraquara-UNIARA

Área de Concentração: Implandotondia

Orientadora: Profa. Dra.Karina E. Dela Coleta Pizzol

Coorientador: Prof. Dr. Rogério Margonar

1. Implantes dentários. 2. Tecnologia. 3. Software. 3. Sistemas de radiação
em radiologia. I. Título.

CDU 616.314.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha esposa Priscila, minha maior incentivadora e quem por dois anos se desdobrou para ser mãe e pai, e às minhas filhas Maria Clara e Filipa que durante esses anos tiveram que “emprestar” o pai para Araraquara à ponto de ficarem tristes ao ouvir o nome da cidade. Vocês são a razão de todo o esforço e empenho durante esses anos de Mestrado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus queridos professores e à instituição Uniara, em especial aos meus orientadores e amigos queridos Profa. Dra. Karina Eiras Dela Coleta Pizzol e, Prof. Dr. Rogério Margonar, com quem tive a honra de conviver de perto por esses dois anos de mestrado e que mudaram minha vida. Essa obra é tão minha quanto deles.

Ao Prof. Dr. Rafael Faeda por por todo apoio, ajuda, altruísmo e dias de trabalho na produção desse estudo.

À Profa. Dra. Thallita Pereira Queirós, por suas sempre pertinentes intervenções à fim de contribuir para o resultado final dessa tese e por ceder seu tempo e o espaço físico de seu consultório na Clínica de Reabilitação Orofacial.

À Profa. Dra. Pâmela Letícia dos Santos, que trouxe sua visão ímpar para aperfeiçoamento desse trabalho, bem como seu exemplo de conduta e amizade.

Agradeço também ao meu querido amigo, dos tempos de faculdade, Fábio Embacher, da Emfils e Clínica Nato, por acreditar e apoiar o projeto e pelos novos amigos Walter José da Silva Jr e João Paulo Ferreira Jr da TTL Laboratório de Inovação Aplicada por todo o trabalho dedicado ao aplicativo, todo o desenvolvimento técnico e todo o suporte numa área que é tão distante dos meus conhecimentos como cirurgião dentista e sem o qual seria impossível de realizar.



UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA - UNIARA

Rua Mendonças da Silva, 3309 - Centro - Araraquara - SP
CEP 14801-320 - Caixa Postal 68 - Fone/Fax: (051) 3301-7100 | www.uniara.com.br

Dissertação aprovada em sua versão final pela banca examinadora:

Profa. Dra. Karina Eiras Dela Coleta Pizzol

Orientadora - UNIARA

Prof. Dr. Sidney Bruce Shiki

UFSCar – São Carlos

Prof. Dr. Rafael Silveira Faeda

UNIARA

Araraquara, 16 de março de 2020.

SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------|----|
| Resumo | 4 |
| Abstract | 5 |
| 1. Introdução | 6 |
| 2. Objetivo..... | 12 |
| 3. Material e Métodos..... | 14 |
| 4. Resultados e Discussão | 32 |
| 5. Conclusão..... | 40 |
| 6. Referências | 42 |

Cardoso RC. Aplicativo para identificação de implantes dentários- Estudo piloto. [dissertação mestrado]. Araraquara: Universidade de Araraquara-UNIARA; 2020.

Resumo

Este estudo teve como objetivo desenvolver um aplicativo para *smartphones* capaz de identificar implantes dentários já instalados por meio de imagens radiográficas periapicais digitais. O estudo foi dividido em 3 etapas: PRIMEIRA- criação de um banco de dados de imagens radiográficas com os implantes mais utilizados de uma marca comercial, com macrogeometrias diferentes. As imagens utilizadas foram provenientes de implantes instalados em corpos de prova de osso sintético e implantes instalados em pacientes; SEGUNDA - criação de um *software* capaz de comparar uma imagem radiográfica com as imagens disponíveis no banco de dados para identificar o modelo e fabricante do implante baseado em sua macrogeometria; TERCEIRA- criação do aplicativo propriamente dito, capaz de comparar, com o uso de um *smartphone*, as imagens do banco de dados com as imagens radiográficas obtidas de pacientes. Após a finalização das 3 etapas, foram realizados testes para validação do aplicativo. Os resultados mostraram que o *software* foi eficaz (100% de acerto) em reconhecer implantes pertencentes ao banco de dados quando as radiografias apresentavam padronização ideal (implantes instalados em osso sintético). Da mesma forma, o *software* acertou ao não reconhecer grande parte dos implantes de outras marcas comerciais ou de modelos diferentes do banco de dados (índice de acerto entre 88,23-91,17%). Quando as radiografias eram provenientes de implantes instalados em pacientes, os índices de reconhecimento dos implantes foram insatisfatórios. Embora requeira aprimoramento tecnológico, o aplicativo atendeu as expectativas para a primeira versão desenvolvida, mostrando ser um importante mecanismo auxiliar na identificação de implantes dentários já instalados, viabilizando assim a reabilitação protética de pacientes.

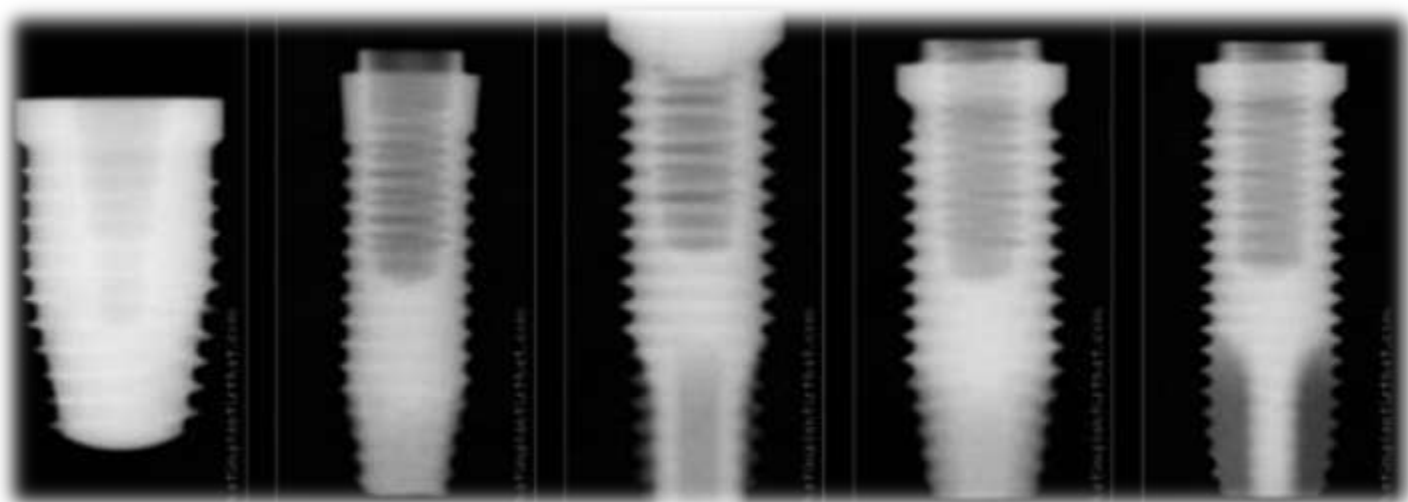
Palavras-chave: Implantes dentários; Tecnologia; Software; Sistemas de informação em radiologia.

Cardoso RC. Dental Implant Identification Application - Pilot Study. [dissertação mestrado]. Araraquara: Universidade de Araraquara- UNIARA; 2020.

Abstract

This study aimed to develop an app for smartphones capable of identifying dental implants already installed through digital periapical radiographic images. The study was divided into 3 stages: FIRST- creation of a database of radiographic images with the most used implants of a commercial brand, with different macrogeometries. The images used came from implants installed in specimens of synthetic bone and implants installed in patients; SECOND - creation of software capable of comparing a radiographic image with the images available in the database to identify the model and manufacturer of the implant based on its macrogeometry; THIRD - creation of the app itself, capable of comparing, with the use of a smartphone, the images in the database with the radiographic images obtained from patients. After completing the 3 steps, tests were performed to validate the app. The results showed that the software was effective (100% correct) in recognizing implants belonging to the database when the radiographs showed ideal standardization (implants installed in synthetic bone). Likewise, the software got it right by not recognizing most of the implants of other commercial brands or different models than the database (accuracy rate between 88.23-91.17%). When the radiographs came from implants installed in patients, the recognition rates of the implants were unsatisfactory. Although it requires technological improvement, the app met the expectations for the first version developed, showing that it is an important auxiliary mechanism in the identification of dental implants already installed, thus enabling the prosthetic rehabilitation of patients.

Keywords: Dental Implants; Technology; Software; Radiology Information Systems.



Introdução

1. INTRODUÇÃO

Desde o surgimento dos implantes dentários osseointegráveis com Branemark em 1965, muitas modificações surgiram no *design* (macro e microgeometria) dos implantes visando melhorar sua previsibilidade e conseqüentemente, sua longevidade (BRÄNEMARK et al., 1969; BRÄNEMARK et al., 1977; ADELL et al., 1981; BRÄNEMARK et al., 1983; BUCHS; HAHN; VASSOS, 1995; FAVERANI et al., 2011).

Inicialmente criados com formato cilíndrico e superfície usinada, os implantes passaram por diferentes evoluções até chegar aos *designs* atuais (BRÄNEMARK et al., 1977; FAVERANI et al., 2011). A criação de implantes dentários, de titânio, com propriedades comprovadas biologicamente compatíveis com o organismo humano, além da sua característica bioinerte, fez com que os pacientes pudessem desfrutar de uma melhor qualidade de vida (FAVERANI et al., 2011). Esse processo evolutivo, embora benéfico e necessário, trouxe como consequência, ao longo dos anos, a dificuldade de reconhecimento da marca comercial e do modelo do implante pela imagem radiográfica, já que muitos destes deixaram de ser fabricados.

Tendo em vista que os implantes possuem suas maiores diferenças de *design* nos terços apical e cervical (SEWERIN, 1992), para adequada avaliação a radiografia periapical é a mais indicada para capturar as características do implante, sendo que o cone deve estar o mais perpendicular possível dentro de uma variação máxima entre -10° e $+10^{\circ}$ (SAHIWAL et al., 2002a, 2002b; NUZZOLESE et al., 2008).

Embora a qualidade e padronização da imagem radiográfica sejam essenciais, a falta de informações precisas sobre implantes instalados por outros profissionais (SAKSTEIN; CARDASH, 2005), tais como: medidas, modelo ou fabricante, podem comprometer a manutenção das próteses e a substituição de componentes protéticos (MICHELINAKIS; SHARROCK; BARCLAY, 2006).

A evolução tecnológica das imagens para diagnóstico e dos aplicativos de uso odontológico, tem auxiliado no reconhecimento implantes não identificados. Contudo, a grande gama de opções de implantes no mercado tornam essa tarefa difícil. Estima-se que existam cerca de 21 empresas de implante no mercado nacional, com cerca de 1 milhão de implantes instalados por ano. O Brasil ocupa o quarto lugar nesse mercado- atrás dos Estados Unidos (38), Alemanha (30) e Itália (28) (CROSP, 2020).

Estudos como os realizados por SEWERIN (1992), SAHIWAL et al. (2002a, 2002b), MICHELINAKIS; SHARROCK; BARCLAY (2006), validaram a identificação de implantes através de sua macrogeometria em imagens radiográficas, porém a grande diversidade de modelos e fabricantes torna tal identificação um desafio a ser resolvido. Há também disponível na literatura odontológica e forense, estudos qualitativos sobre técnicas de obtenção de imagem radiográficas e identificação de implantes (SAHIWAL et al., 2002a, 2002b; NUZZOLESE et al., 2008; SILVA et al., 2014).

Por outro lado, a tecnologia móvel é uma realidade crescente na nossa sociedade, influenciando um novo perfil de entrega de informação e interatividade com seus usuários. Segundo dados da Fundação Getúlio Vargas de São Paulo (FGV-SP), o Brasil tem hoje dois dispositivos digitais por habitante,

incluindo *smartphones*, computadores, *notebooks* e *tablets*. Entre os aparelhos, o uso de *smartphone* se destaca: segundo o levantamento, em 2019, havia 230 milhões de celulares ativos no país (ESTADO DE MINAS, 2019)

A popularização dos celulares inteligentes, os *smartphones*, é considerada por muitos a revolução tecnológica de maior impacto nos últimos tempos após a revolução causada pela Internet e pelas redes sociais (INTERNATIONAL DATA CORPORATION-IDC, 2013). Considerado um computador de bolso e com acesso a milhões de aplicativos, sua principal característica é a quebra da limitação da mobilidade, acompanhando o seu usuário 24 horas por dia em qualquer lugar, o que tem aumentado a adoção de *smartphones* por profissionais de saúde. Essa comodidade é fundamental para auxiliar a assistência em saúde, uma vez que esses profissionais deslocam-se constantemente dentro das instituições em que trabalham (TIBES; DIAS; MASCARENHAS, 2014). A computação móvel pode ser aplicada em várias vertentes dentro da área da saúde. Entre essas aplicações podem se destacar o monitoramento remoto, consulta a *guidelines*, diagnósticos e acompanhamento de pacientes (AMMENWERTH et al., 2000; BURDETTE; HERCHLINE; OEHLER, 2008; OEHLER; SMITH; TONEY, 2010; CATALAN et al., 2011; MENEZES JÚNIOR et al., 2011; GARTNER, 2012; SOUZA et al., 2013).

Numa revisão da literatura realizada por TIBES; DIAS; MASCARENHAS (2014) com o objetivo identificar pesquisas envolvendo tecnologia móvel aplicada à saúde desenvolvidas no Brasil, observou-se que a temática mais abordada no desenvolvimento de aplicativos móveis para a área

de saúde foi a de apoio ao profissional. Quando analisado o foco desses aplicativos, viu-se que a área mais beneficiada pela pesquisa em computação móvel tem sido a multiprofissional. Na categoria "Estudos com foco no profissional de Odontologia" foram encontrados apenas dois estudos. Ambos os trabalhos apresentaram o desenvolvimento e aplicação de aplicativos para apoio ao profissional de Odontologia atuante no programa do governo brasileiro denominado Estratégia de Saúde da Família (ESF) com objetivo de armazenar informações referentes à saúde bucal dos pacientes que recebem a consulta domiciliar (BARONE; FIGUEIREDO; WINK, 2012; WINK, 2012).

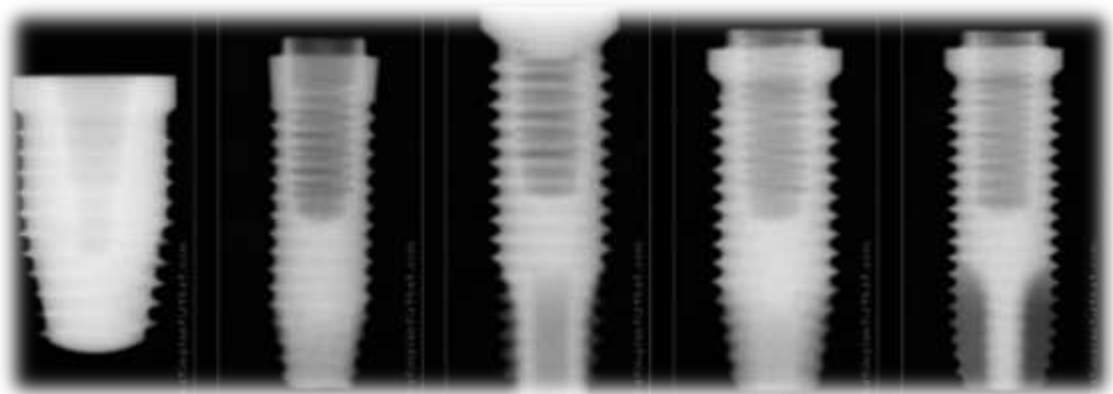
Considerando-se esses dados, conclui-se que o uso de aplicativos para *smartphones* é relativamente recente e pouco utilizado na Implantodontia. Existem dois sites disponíveis no mercado, que tem como proposta, auxiliar no diagnóstico de implantes. São eles: What Implant Is That? (<https://whatimplantisthat.com>), e Osseo Source (www.osseosource.com), sendo que apenas o último possui implantes brasileiros no seu banco de dados. Em ambos os casos, o site apresenta hipóteses de implantes para diagnóstico baseado em campos preenchidos pelo usuário e a identificação cabe ao próprio utilizador do serviço, algo já proposto anteriormente (MICHELINAKIS; SHARROCK; BARCLEY, 2006). Embora tenham se mostrado útil como ferramenta auxiliar na identificação de um implante, sua eficácia depende essencialmente do conhecimento e experiência do profissional (BARKETA et al., 2010; MARCO, 2013).

A lei brasileira da propriedade industrial (Lei 9279 de 14 de Maio de 1996) em seu artigo segundo, parágrafo II garante o direito à propriedade sobre

o desenho industrial (PRESIDENCIA DA REPÚBLICA, 1996), assim sendo, uma empresa, no lançamento de seu implante no mercado, deve cuidar para que seu produto tenha um desenho, mesmo que seja um detalhe como distância das espiras, diferente dos outros implantes disponibilizados pelos demais fabricantes, o que influenciará no contorno do implante em sua imagem radiográfica.

Apesar do reduzido número de trabalhos desenvolvidos no Brasil com esta temática, vê-se um crescimento contínuo ao longo dos anos. Entende-se que o desenvolvimento de aplicativos móveis relacionados a pesquisas científicas é importante, pois os conteúdos tendem a ser analisados e testados por profissionais que conhecem as reais necessidades dos usuários finais. Reconhecer as necessidades desses usuários é essencial para planejar e implementar novas tecnologias de maneira coerente e adequada, de acordo com as demandas específicas, testadas na pesquisa e implementadas na prática (TIBES; DIAS; MASCARENHAS, 2014).

Dessa forma, a presente pesquisa teve como objetivo desenvolver um mecanismo de auxílio ao cirurgião dentista na identificação de implantes dentários já instalados em pacientes. Através de um aplicativo para *smartphones* a intenção é facilitar e tornar mais rápida e precisa a obtenção de informações sobre tipo de implante, dimensões e fabricante do mesmo, viabilizando assim a reabilitação protética do paciente.



Objetivo

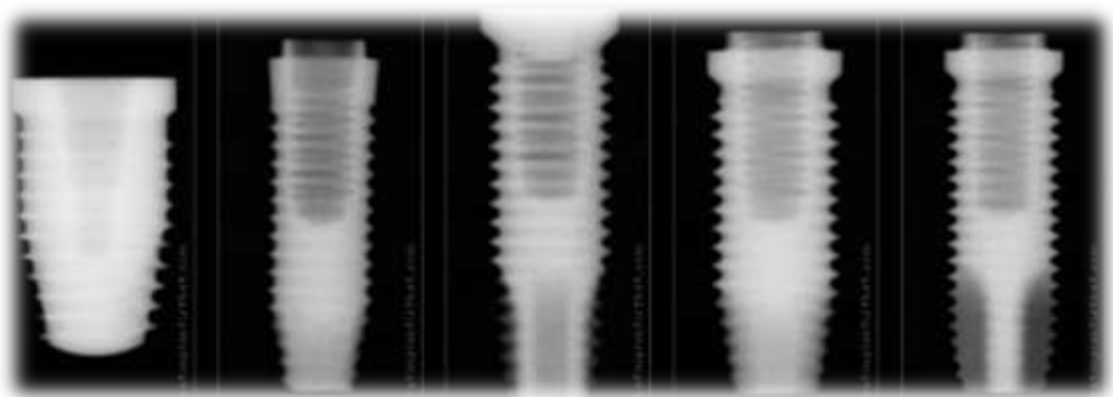
2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Desenvolver um aplicativo para *smartphones* capaz de identificar implantes dentários já instalados por meio de imagens radiográficas periapicais digitais de pacientes.

2.2. Objetivos Específicos

1. Criar um banco de dados de imagens radiográficas de implantes de uma marca comercial com diferentes macrogeometrias;
2. Criar um *software* capaz de comparar imagens radiográficas de implantes obtidas de pacientes, com as imagens disponíveis no banco de dados do programa;
3. Criar um aplicativo capaz de comparar, por meio de um *smartphone*, as imagens do banco de dados com as imagens radiográficas obtidas de pacientes.



Material e Métodos

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi dividido em 3 etapas, descritas a seguir:

3.1. PRIMEIRA ETAPA

Para o processamento digital das imagens, fez-se necessário uma sequência de eventos: aquisição, pré-processamento, segmentação e reconhecimento (SIQUEIRA, 2010).

3.1.1. Aquisição

As imagens utilizadas para a criação do banco de dados foram provenientes de implantes instalados em corpos de prova de osso sintético e implantes previamente instalados em pacientes (arquivo pessoal e do Curso de Implantodontia da Emfils- Industria e Comércio de Produtos Odontológicos, de Portugal, realizada na Clínica Nato, Itú-S.P). Todas as tomadas radiográficas foram realizadas por um único pesquisador (Pesquisador 1), previamente calibrado, a partir de 3 aparelhos radiográficos odontológicos (Gnatus Timex-70, Dabi Atlante Spectro 70x e Dabi Atlante Image, posicionador radiográfico da JON e película radiográfica Agfa Dentus E-Speed).

O processamento digital de imagens radiográficas também foi realizado pelo Pesquisador 1, devidamente calibrado para esse procedimento. Para tal, cada película radiográfica foi posicionada sobre um negatoscópio e fotografada perpendicularmente ao plano horizontal, à uma distância focal de 10 à 15 cm utilizando a câmera fotográfica de dois diferentes *smartphones* (Motorola Moto G5 e Asus Max Shot) (Figura 1), acessada pelo aplicativo *Xscan*

desenvolvido pelo Laboratório de Inovação Aplicada Ltda (TTL) (Supera, Parque Tecnológico de Ribeirão Preto, SP). Para a versão atual do aplicativo, a resolução mínima indicada para imagens digitalizadas é de 1280x720 (HD), nos formatos PNG e JPEG.



Figura 1. Película radiográfica posicionada sobre um negatoscópio e fotografada perpendicularmente ao plano horizontal.

As imagens adquiridas foram arquivadas dentro do próprio dispositivo móvel e enviadas por e-mail para a TTL. No total, foram digitalizadas 80 imagens de implantes, das quais as 15 melhores imagens foram usadas para formar o banco de dados, construído da seguinte forma: 6 imagens radiográficas de implantes Cone Morse (CM), 6 imagens radiográficas de implantes de Hexágono Interno (HI) e 3 de Hexágono Externo (HE), descritos na Tabela 1. Como forma auxiliar para a construção desse banco de dados, também foram utilizados CADs (*Computer Aided Design*) fornecidos pela Emfils, com os implantes de diferentes macrogeometrias produzidos pela empresa (CN, HE e HI) (Figura 2). Foram descartadas deste grupo os CADs de Implantes de Corpo Único (ICU),

uma vez que esse tipo de implante não requer identificação do fabricante para a reabilitação protética.

Tabela 1. Banco de dados e distribuição de implantes de acordo com o tipo de conexão e dimensões.

| TIPO DE CONEXÃO | CÓDIGO | DIMENSÕES |
|------------------------------|-----------|--------------|
| Cone Morse (CM) n=6 | ICM-3508 | 3,5 x 8,5mm |
| | ICM-3514 | 3,5 x 14,5mm |
| | ICM-4008 | 4,0 x 8,5mm |
| | ICM-4011 | 4,0 x 11,5mm |
| | ICM-4013 | 4,0 x 13,0mm |
| | ICM-5010 | 5,0 x 10,0mm |
| Hexágono Interno (HI) n=6 | ECIE-3310 | 3,3 x 10,0mm |
| | ECIE-3316 | 3,3 x 16,0mm |
| | ECIE-4010 | 4,0 x 10,0mm |
| | ECIE-4011 | 4,0 x 11,5mm |
| | ECIE-4013 | 4,0 x 13,0mm |
| Hexágono Externo (HE) n=3 | IHEN-3510 | 3,5 x 10,0mm |
| | IHEN-4013 | 4,1 x 13,0mm |
| | IHEN-5007 | 5,0 x 7,0mm |



Figura 2. CADs (*Computer Aided Design*) fornecidos pela Emfils para a construção do banco de dados.

Do total de 61 diferentes modelos de implantes produzidos pela empresa Emfils, foram incorporados 15 modelos diferentes em nosso banco de dados. Embora tenhamos utilizado apenas películas radiográficas de um número limitado de implantes e de uma única marca comercial, é importante ressaltar que esse banco de dados é expansível para que no futuro conte com o maior número possível de imagens de diferentes implantes.

3.1.2. Pré-processamento

Esta etapa tem como função realçar detalhes de interesse e prover informações relevantes com o propósito de tornar menos complexo possível as etapas seguintes (GONZALES; WOODS, 2010).

O pré-processamento refere-se à aplicação de filtros presentes no próprio aplicativo *Xscan* dedicados a realçar o contorno do implante na imagem radiográfica o que implica na eficácia do reconhecimento do implante e sucesso das etapas seguintes. A quantidade de processamentos necessários e a viabilidade comercial do aplicativo, dependem do sucesso dessa etapa.

No presente trabalho, esta etapa deu-se da seguinte maneira: 1. digitalização da imagem; 2. identificação e seleção da película pelo aplicativo *Xscan* dentro da imagem fotográfica; 3. solicitação da confirmação da imagem; 4. escolha dos filtros fornecidos pelo aplicativo *Xscan* (3 possibilidades de nitidez e 3 de contraste baseadas nos diferentes tons de cinza) (Figuras 3 e 4). Cada coordenada, o *pixel*, possui valores de amplitude, que no caso das imagens radiográficas referem-se às intensidades de cinza (GONZALES; WOODS, 2010).



Figura 3. Identificação da película radiográfica e seleção da área de interesse.

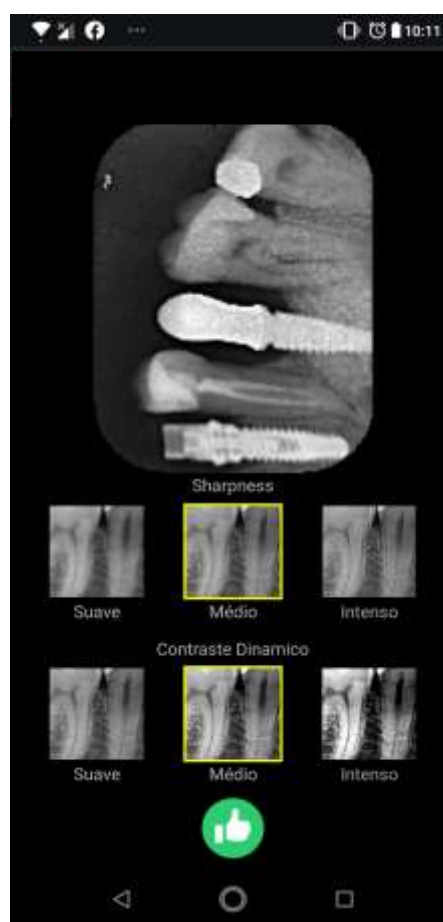


Figura 4. Seleção dos filtros fornecidos pelo aplicativo *Xscan*.

3.1.3. Segmentação do implante

A Segmentação é a etapa do processamento digital de imagem que identifica o implante em meio às outras estruturas contidas na radiografia.

Os procedimentos de segmentação dividem uma imagem em suas partes ou objetos constituintes. Em geral, quanto mais precisa for a segmentação, maiores serão as chances no reconhecimento dos objetos (GONZALEZ, WOODS; 2010).

A segmentação do implante em radiografia foi demonstrada previamente por MORAIS et al. (2015), de forma semiautomática. A proposta inicial do presente trabalho era fazer a segmentação de forma totalmente automática, o que não se concretizou devido às dificuldades técnicas inerentes do processo. Dessa forma, a seleção das imagens da pesquisa também se deu de forma semiautomática, na qual requer que o próprio usuário realize a seleção da área de interesse.

A segmentação processa e evidencia a morfologia do implante que está em meio às estruturas contidas na radiografia (Figura 5). Isto permite a avaliação das características geométricas, e conseqüentemente, o reconhecimento do implante.



Figura 5. Representação da segmentação do implante na radiografia periapical.

A segmentação de imagens geralmente segue dois princípios, descontinuidade e similaridade. O primeiro fraciona os elementos nos pontos onde há mudança brusca de intensidade nos tons de cinza, como são as bordas dos elementos nas radiografias. O segundo baseia-se em dividir os objetos de acordo com similaridade da intensidade da vizinhança dos *pixels* (GONZALES; WOODS, 2010).

Existem muitas técnicas de segmentação de imagens descritas na literatura (STOLOJESCU-CRIȘAN; HOLBAN, 2013). O presente trabalho fez uso da técnica Canny Edge Detector associado a um algoritmo desenvolvido pela TTL, uma vez que a mesma foi utilizada previamente em pesquisas com segmentação automática de dentes em radiografias e semiautomática de implantes.

Para dar a agilidade necessária aos testes, foi utilizado o GNU Octave da GNU General Public License de uso livre, que é um poderoso software para cálculos matemáticos baseados em matrizes (imagens), amplamente utilizado em computação científica (SOLOMON; BRECKON, 2013).

3.1.4. Classificação do implante

Para a classificação dos implantes desta pesquisa, partimos da técnica KNN (K-Nearest Neighbors) (KRAMER, 2013) de aprendizado de máquina, proposta por MORAIS et al. (2015). Por ser um método de classificação não paramétrico simples e eficiente. O aprendizado de máquina é uma abordagem dividida em dois estágios: no primeiro chamado treino, utiliza-se um

banco de dados, em nosso caso radiografias de implantes conhecidos, para extrair informações que foram utilizadas para construir (ensinar) um método estatístico que teve o objetivo de prever os modelos de implantes desconhecidos, baseado no aprendizado prévio. Estas informações foram obtidas das imagens após a segmentação, que permitem que as características da morfologia de cada implante sejam catalogadas. No segundo estágio, o de teste, os implantes analisados são classificados (JAMES et al., 2013).

O objetivo em questão nesta etapa é uma análise qualitativa ou também referida como categórica, por exemplo, buscamos como resposta o modelo A, B ou C, diferente de modelos quantitativos. O processo de predição de uma resposta qualitativa é conhecido como classificação (JAMES et al., 2013).

3.2. SEGUNDA ETAPA

O pré-processamento, a segmentação precisa do implante na radiografia e a classificação assertiva realizados na primeira etapa, resultaram no *software* proposto pelos pesquisadores.

O *software* foi desenvolvido pela TTL com a utilização do programa GNU Octave da GNU General Public License de uso livre, escolhido por possuir uma linguagem de alto nível, destinada principalmente para cálculos numéricos e é normalmente utilizado em interfaces interativas. Para o seu funcionamento, o *software* executa o pré-processamento da imagem para padronizar, realçar detalhes e mitigar ruídos. Com algoritmos de detecção de bordas o *software* identifica o contorno do implante, assim como de estruturas próximas. Então, é

executada uma função para eliminar as bordas que não pertencem ao implante, finalizando assim a segmentação. Um algoritmo analisa as bordas do implante e coleta dados como comprimento, largura, números de fios de rosca, passo da rosca, distância entre a base e o primeiro fio, entre outras. Com estes dados do implante selecionado é feita uma comparação com banco de dados para verificar a maior compatibilidade (Figura 6).

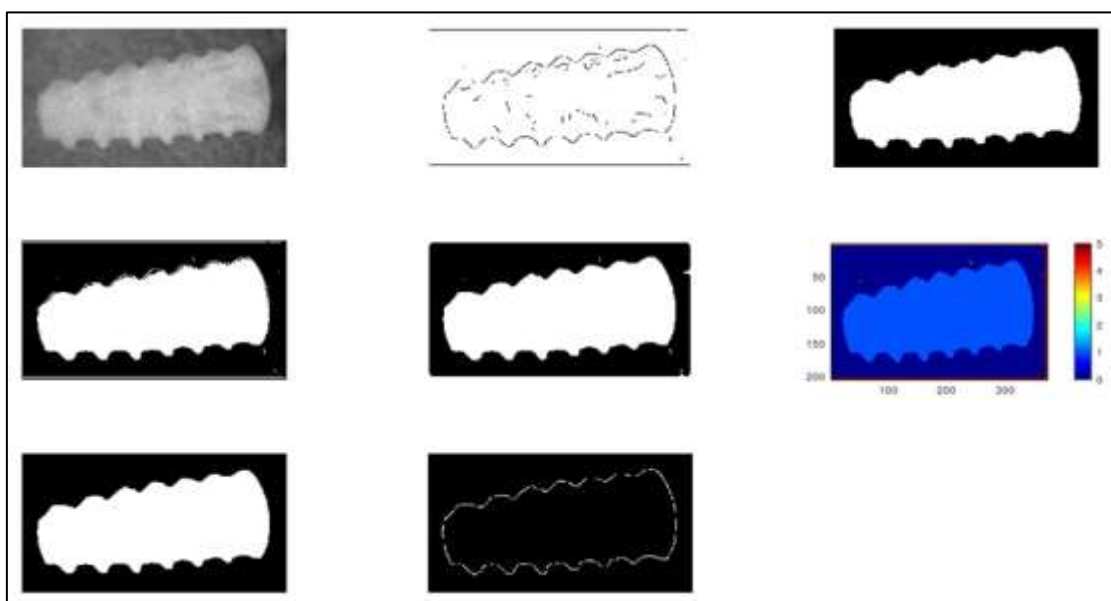


Figura 6. Estudo do algoritmo para identificação dos implantes baseado nas suas características.

Durante o desenvolvimento do programa, observou-se situações na qual a falta de nitidez de algumas áreas da imagem radiográfica comprometeu a identificação do implante. Para solucionar esse problema, o *software* foi programado para fragmentar a imagem comprometida, buscando assim a comparação com o lado mais nítido (Figuras 7 e 8).

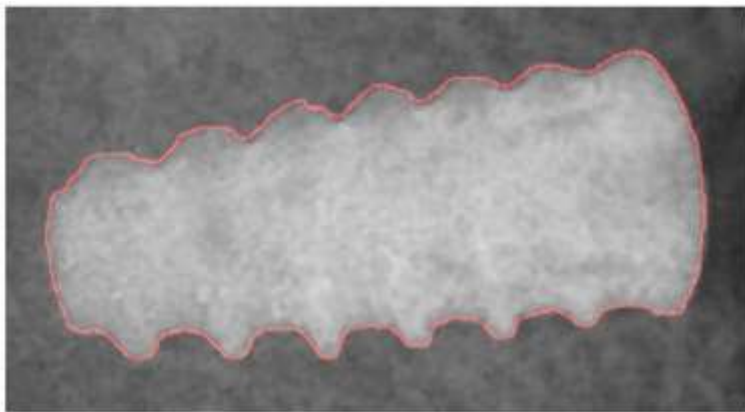


Figura 7. Representação da segmentação do implante na radiografia periapical, evidenciando o lado comprometido (superior da imagem) e o lado de maior nitidez (inferior da imagem).

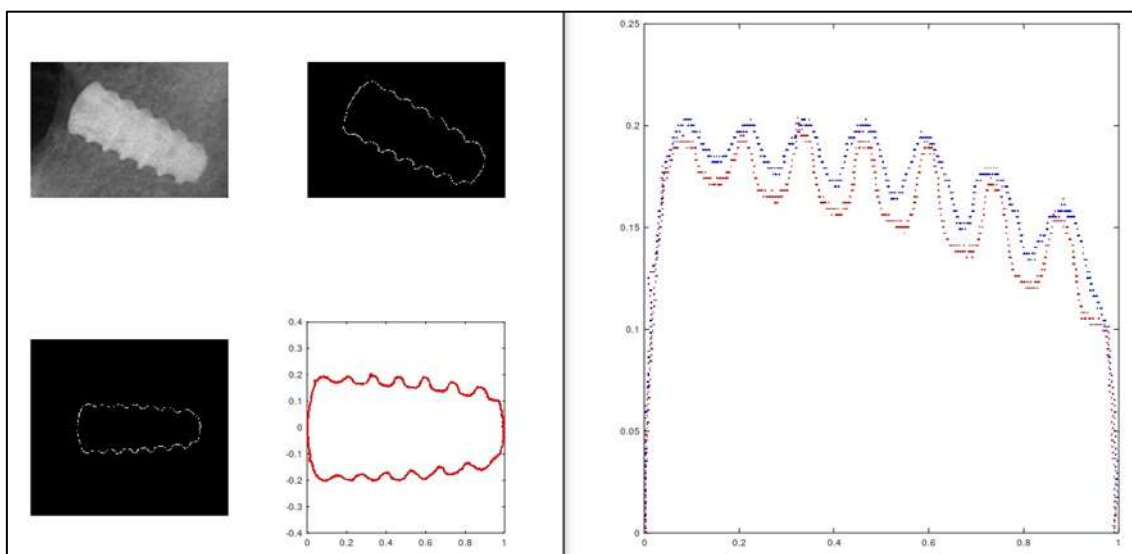
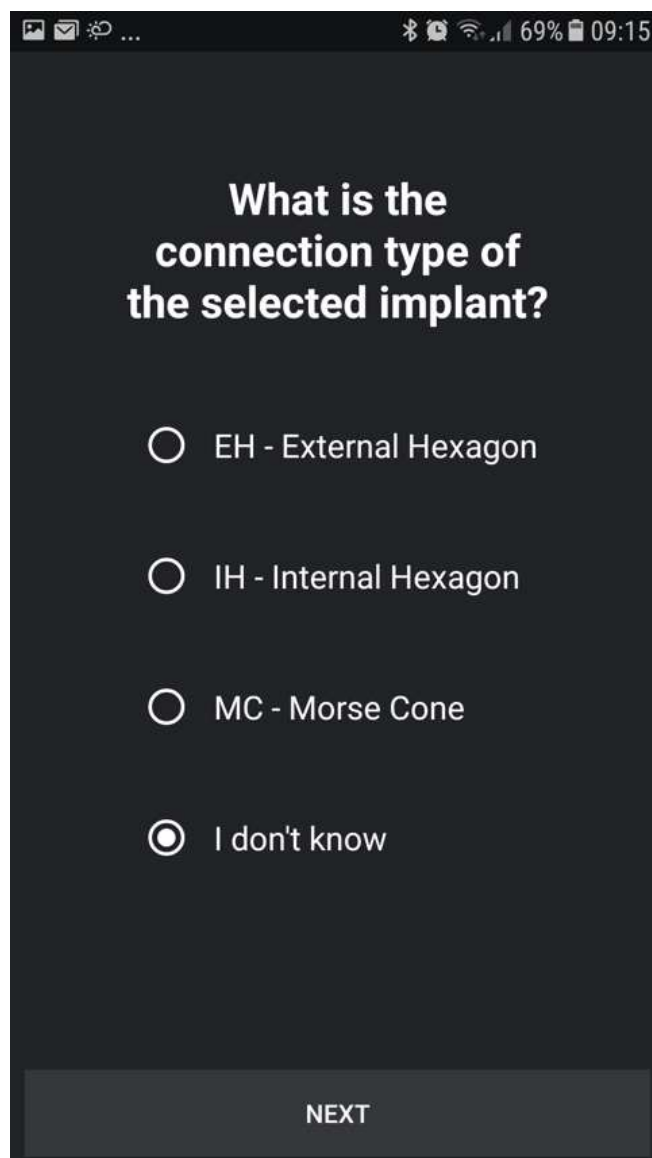


Figura 8. Etapas desenvolvidas para aprimorar a identificação do implante: segmentação da imagem, correção de rotação, transformação em gráfico e sobreposição das imagens das duas faces do implante.

Outro problema identificado foi a dificuldade do aplicativo em reconhecer o tipo de conexão do implante, muitas vezes devido à falta de nitidez da porção superior ou pela presença de algum componente sobre o implante,

como: ucla, coroa protética ou cicatrizador, uma vez que o banco de dados foi construído por implantes com tapa implante conectado. Para minimizar tal problema, foi incorporada a seguinte pergunta, em inglês, durante o processo de identificação: Qual o tipo de conexão do implante selecionado? Como resposta, o operador deve selecionar uma das seguintes opções: HE- hexágono externo; HI- hexágono interno; CM- cone morse ou desconhecido, conforme ilustrado na figura 9.



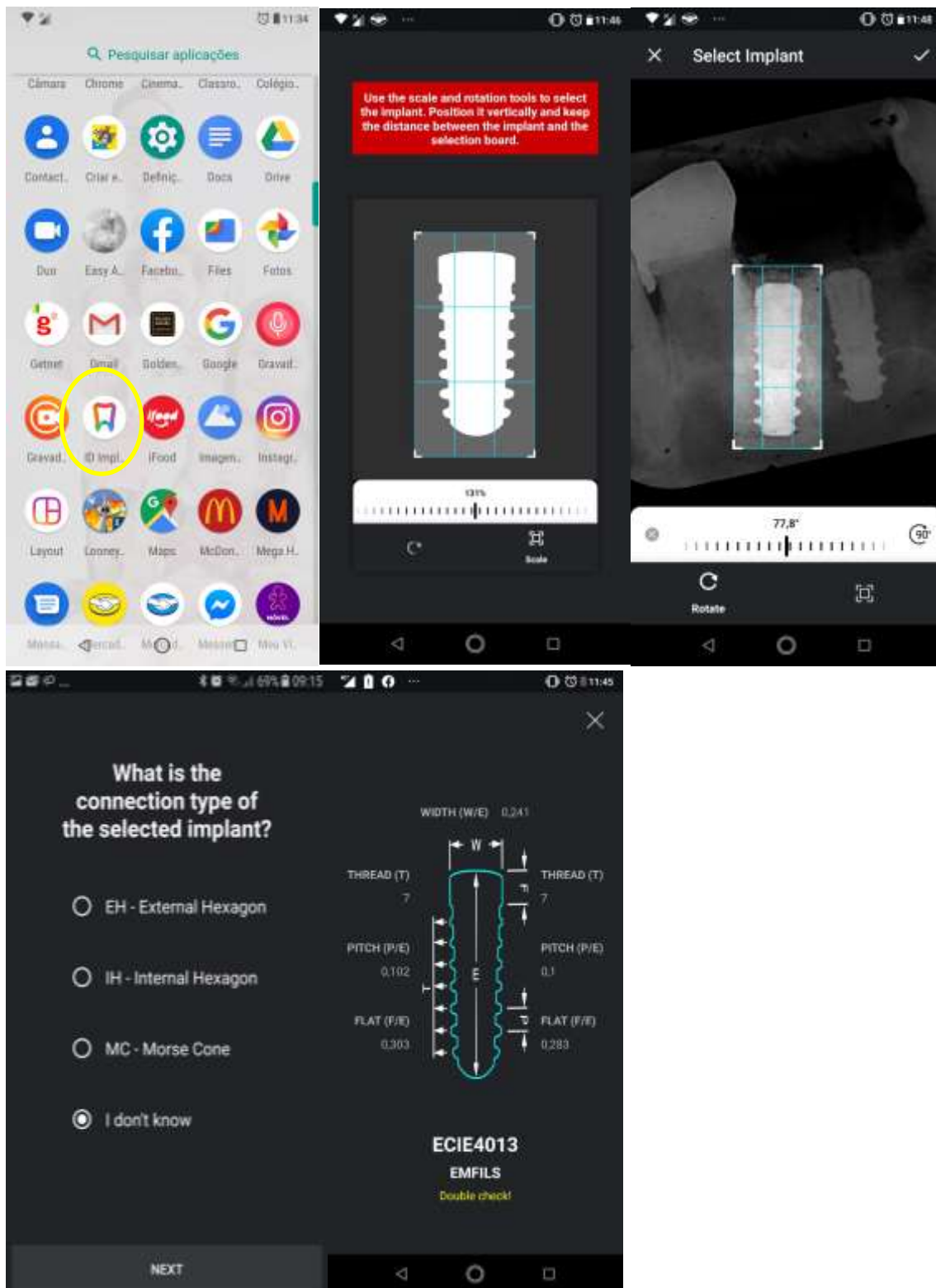
The image shows a mobile application interface with a dark background. At the top, there is a status bar with icons for notifications, a sun, and a menu, along with system icons for Bluetooth, Wi-Fi, cellular signal, 69% battery, and the time 09:15. The main content area displays the question "What is the connection type of the selected implant?" in white text. Below the question are four radio button options: "EH - External Hexagon", "IH - Internal Hexagon", "MC - Morse Cone", and "I don't know". The "I don't know" option is selected, indicated by a white dot in the center of the radio button. At the bottom of the screen, there is a dark grey button labeled "NEXT" in white capital letters.

Figura 9. Identificação do tipo de conexão do implante pelo operador.

3.3. TERCEIRA ETAPA

A terceira etapa foi a criação do aplicativo nomeado de ID Implant (TTL), de forma que o *software* desenvolvido na etapa 2 pudesse ser utilizado por meio de um *smartphone*. O programa Android Studio 3.4.1, da Apache 2.0, foi utilizado para adequar a linguagem do *software* para as funções de um aplicativo móvel, permitindo o seu uso de forma facilitada.

O modo de utilização do aplicativo pode ser descrito da seguinte forma: 1. Acesso à internet; 2. Instalação do aplicativo ID Implant no *smartphone* via link disponibilizado pela TTL; 3. Acesso ao ícone ID Implant dentro da lista de aplicativos do *smartphone*; 4. Acesso, via aplicativo, à biblioteca de imagens para seleção da radiografia previamente importada para o *smartphone*; 5. Seleção da área do implante, delimitando seus limites verticais e horizontais; 6. Seleção do tipo de conexão do implante (HE, HI, CM ou desconhecido); 7. Pré-processamento da imagem para melhora da qualidade da imagem; 8. Detecção das bordas da imagem, comparação com o banco de dados e classificação do implante (Figuras 10A-D).



Figuras 10A-D. Diagrama de utilização do aplicativo.

3.4. VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO APLICATIVO

A Verificação e validação são procedimentos independentes que são usados em conjunto para verificar se um produto, serviço ou sistema atende aos requisitos e especificações e se cumpre sua finalidade. No caso do aplicativo desenvolvido na presente pesquisa, ambos visam assegurar que o *software* funcione de acordo com o que foi especificado. A verificação tem o objetivo de identificar defeitos e possíveis problemas de um componente pronto, ou seja, avaliar se o que foi planejado realmente foi realizado; enquanto, que a validação tem o objetivo de avaliar se o que foi entregue atende as expectativas do cliente (VIVIANI, 2011.; WIKPEDIA, 2018).

A verificação deu-se ao longo das etapas de desenvolvimento do *software*, sendo realizada pela empresa TTL juntamente com o Pesquisador 1. Neste procedimento, observou-se falhas na execução do aplicativo, como a dificuldade em identificar a macrogeometria de algumas áreas do implante, bem como a duplicidade de classificação de implantes com dimensões e *design* semelhantes, mas com conexões diferentes. Estas falhas identificadas foram minimizadas com modificações no *software*, conforme descrito previamente na Segunda Etapa da metodologia.

Identificados e solucionados os problemas do *software*, alguns questionamentos foram levantados pela equipe de pesquisadores: O aplicativo é capaz de reconhecer qualquer implante, pertencente ao banco de dados, independente da qualidade e nitidez da imagem radiográfica? O aplicativo reconhece erroneamente implantes de outras marcas comerciais, mas que apresentem dimensões iguais ou semelhantes aos implantes do banco de

dados? Para tentar responder essas perguntas, realizou-se 3 testes de validação do aplicativo, na qual, dois pesquisadores, previamente calibrados pelo processo de repetição, estiveram envolvidos. Para melhor compreensão, os implantes utilizados para os testes de validação foram divididos em 3 grupos (Tabela 2).

Tabela 2. Implantes utilizados para os testes de validação.

| GRUPOS | CARACTERÍSTICAS |
|---------|---|
| GRUPO 1 | Implantes da marca Emfils instalados em corpo de prova de osso sintético do tipo IV. |
| GRUPO 2 | Implantes da marca Emfils (mesmos modelos do banco de dados) previamente instalados em pacientes (sem padronização de posição e angulação). |
| GRUPO 3 | Implantes de marca Emfils (modelos não pertencentes ao banco de dados) e de outras marcas comerciais nacionais. |

Inicialmente, 5 implantes da marca Emfils (Grupo 1), sendo: 1 Cone Morse (ICM-4013), 3 Hexágono Interno (ECIE-3310, ECIE4010 e ECIE5010) e 1 Hexágono Externo (IHEN-4013), foram inseridos em um corpo de prova de osso sintético do tipo IV, da marca Nacional Ossos, modelo 20, PCF-CP3 (Franceschi & Costa e Silva Ltda, Jaú-S.P., Brasil), nas dimensões 4,5x9,5x3,3cm e 3mm de cortical (BORGES et al., 2019a, 2019b). Cada implante foi inserido no centro geométrico do corpo de prova, com uso do kit de instalação de implantes da marca Emfils, e radiografado em 8 diferentes ângulos (Dabi Atlante, modelo Image e Sensor digital Gendex Visualix, Dental Systems, Des

Plaines, IL, USA), com variação de 45° entre os mesmos, sem que o longo eixo do implante sofresse alteração (Figura 11). Cada radiografia foi testada no aplicativo 3 vezes por cada pesquisador, totalizando 240 testes.



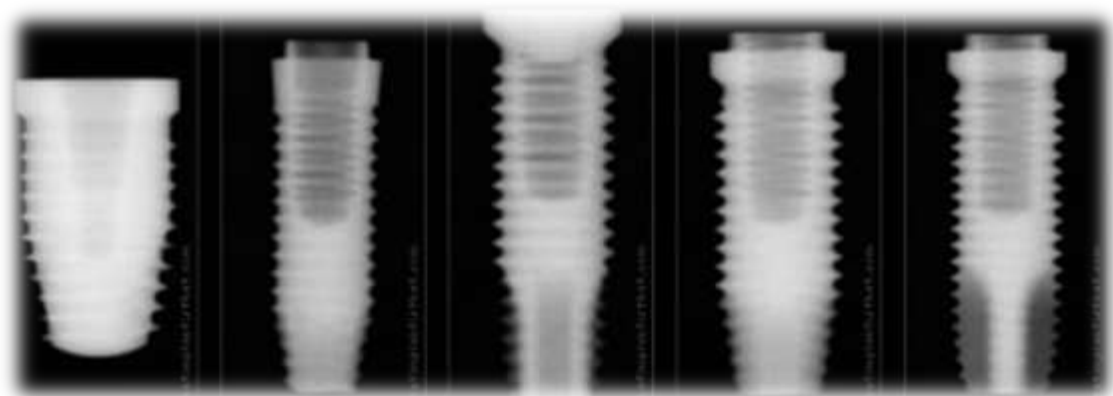
Figura 11. Implante instalado em osso sintético para tomadas radiográficas digitais.

O teste aplicado visou verificar, em condições ideais de imagens e padronização de distância e angulação, a capacidade dos algoritmos de classificação em conseguir detectar as características morfológicas necessárias nos resultados entregues pela segmentação. Por meio de análise dos resultados, será possível verificar o índice de acerto nas predições. Como o reconhecimento é o objetivo final do *software*, este índice também será capaz de validar o resultado do conjunto.

Para o segundo teste de validação, foram utilizadas imagens radiográficas de implantes da marca Emfils previamente instalados em pacientes (Grupo 2). Foram testados 22 implantes de diferentes macrogeometrias (Emfils), sendo cada imagem, testada 3 vezes no aplicativo (total de 66 testes por

pesquisador). Todos os modelos de implantes testados nessa etapa pertenciam ao banco de dados do aplicativo. O teste visou verificar se o aplicativo seria capaz de identificar implantes da marca Emfils, mesmo quando a nitidez e angulação da imagem radiográfica não fossem ideais.

Seguindo a mesma metodologia, foi realizado um terceiro teste, utilizando 34 imagens radiográficas (Grupo 3) de implantes de outras marcas comerciais brasileiras (Conexão Sistema de Próteses, Hortolândia-S.P; Implacil de Bortolo, São Paulo-S.P.; Implalife Indústria Produtos Médicos Odontológicos, Jales-S.P; Neodent- JJGC Ind e Com de materiais Dentários S.A., Curitiba-P.R.), repetindo o processo por 3 vezes. A finalidade deste teste foi descobrir se o aplicativo realizaria o reconhecimento equivocado de implantes de outras marcas comerciais, mas que apresentavam dimensões e *design* semelhantes aos implantes pertencentes ao banco de dados.



Resultados e Discussão

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No transcorrer desse trabalho, foi apresentada a viabilidade de criar um programa que conseguisse matematicamente mensurar o comprimento e largura de um implante e calcular suas proporções, bem como, contar o número de espiras e distância entre elas de maneira a classificar um implante. No entanto, o grande diferencial de todo esse processo, foi a ideia de converter esse *software* em um aplicativo funcional para *smartphones* dando maior mobilidade e praticidade ao usuário. Mesmo sendo inovador, o aplicativo ainda requer aprimoramento tecnológico, e este, é um dos grandes desafios a serem superados.

Os artigos científicos que abordam o desenvolvimento ou uso de aplicativos móveis na área da saúde são escassos e suas descrições técnicas, normalmente superficiais (MICHELINAKIS; SHARROCK; BARCLEY, 2006; BARONE; FIGUEIREDO; WINK, 2012; WINK, 2012; TIBES; DIAS; MASCARENHAS, 2014), o que tornou nosso processo de desenvolvimento mais longo e desafiador. Para compreender melhor as limitações e necessidades de alterações do aplicativo, testes de validação tornam-se úteis e necessários. Os resultados dos testes realizados, mostraram-se divergentes, sendo descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados obtidos com os testes de validação.

| GRUPO | AMOSTRA | PESQUISADOR 1 n (%) | | | PESQUISADOR 2 n (%) | | |
|--------------|-----------|--------------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------------------|--|-----------------------------|
| | | Implantes identificados corretamente | Implantes identificados incorretamente | Implantes não identificados | Implantes identificados corretamente | Implantes identificados incorretamente | Implantes não identificados |
| GRUPO 1 | 40 | 40 (100%) | 0 | 0 | 40 (100%) | 0 | 0 |
| GRUPO 2 | 22 | 10 (45,45%) | 0 | 12 (54,55%) | 6 (27,27%) | 2 (9,09%) | 14 (63,63%) |
| GRUPO 3 | 34 | --- | 3 (8,82%) | 31(91,17%)* | --- | 4 (11,76%) | 30(88,23%)* |
| TOTAL | 96 | 50 | 3 | 43 | 46 | 6 | 44 |

* Acerto do aplicativo em não identificar o implante que não consta no banco de dados

No primeiro teste de validação, todos os implantes do Grupo 1 testados pelos Pesquisadores 1 e 2 foram classificados corretamente pelo *software*, sendo que em 2 implantes testados, foi sugerido 2 opções, de mesma conexão, mas de tamanhos semelhantes (ICM-4011 ou ICM-4013). Estes dados demonstram que em condições de padronização adequada na tomada radiográfica, bem como, quanto a nitidez e angulação do implante, o *software* não possui dificuldade na classificação, tendo apresentado 100% de êxito para os 240 testes realizados. A importância quanto os cuidados com a imagem radiográfica para o reconhecimento de implantes foi previamente descrita por autores como SEWERIN (1992), SAHIWAL et al. (2002a, 2002b) e MICHELINAKIS; SHARROCK; BARCLAY (2006), que enfatizaram em seus artigos que a radiografia periapical é a mais indicada para capturar as características do implante e que a angulação do implante na imagem não deve

superar 10° (positivo ou negativo), uma vez que grandes angulações podem alterar o formato das espiras. As características diferenciais que mais auxiliam no reconhecimento do implante encontram-se nos terços apical e cervical (SEWERIN, 1992), exatamente nas regiões onde o *software* desenvolvido apresentou suas maiores limitações na leitura do *design* do implante. Devido a restrições de tempo, financeira e no tamanho do banco de dados, muitas estruturas que fazem parte da macrogeometria do implante e que facilitariam sua identificação foram ignoradas. Presença de microrroschas ou ausência delas na cervical, formato do ápice do implante, formato das roscas do implante, presença ou não de câmara apical são informações que não foram consideradas nessa primeira versão do *software* e que com os recursos adequados poderão ser incluídas futuramente.

Quanto ao segundo teste de validação (Grupo 2), com implantes da marca Emfils previamente instalados em pacientes, os resultados mostraram índices insatisfatórios. Dos 22 implantes testados em triplicata pelos pesquisadores, foram encontrados os seguintes resultados: Pesquisador 1- 10 implantes foram identificados pelo *software*, sendo todos de forma correta; Pesquisador 2- apenas 8 implantes foram identificados, sendo 6 de forma correta e 2 erroneamente (ECIE-4011, sendo identificado como ECIE-4010 e IHEN-3510 identificado como IHEN-5007). Estes dados evidenciam que em menos de 50% dos testes, houve êxito na classificação. Nos casos na qual ocorreram identificações incorretas, acredita-se que a proximidade entre as dimensões dos implantes testados e dos implantes pertencentes ao banco de dados poderia ter causado tal falha na classificação. Apenas 4 implantes

identificados corretamente pelos pesquisadores eram os mesmos. Com exceção de 1 dos implantes testados, todas as identificações positivas ocorreram nas 3 tentativas realizadas por cada pesquisador. Em 2 testes realizados, o *software* forneceu duas opções de implantes, sendo que uma das alternativas estava correta. Embora os resultados desse teste pareçam desencorajadores, é importante salientar que clinicamente, as informações mais relevantes para a reabilitação adequada são a marca e o tipo de conexão do implante. Sendo assim, os casos na qual ocorreram identificação incorreta das dimensões, não haveria prejuízo na reabilitação protético.

Um aspecto que merece ser destacado quanto ao segundo teste de validação foi a diferença dos resultados obtidos entre os dois pesquisadores. A limitação técnica na etapa de segmentação da imagem, inicialmente proposta para ser totalmente automática, foi um dos grandes entraves no processo de desenvolvimento do aplicativo. O fato da seleção da área de interesse na imagem radiográfica dar-se de forma semiautomática, faz com que variações intraexaminadores interfiram na confiabilidade dos resultados. Embora a seleção manual da área do implante pareceu-nos ser a solução mais rápida e adequada para o desenvolvimento do *software*, trouxe como consequência outro problema: a extensão e delimitação da área selecionada. Observou-se que se a área for muito abrangente ou muito restrita pode haver falhas na identificação, ou ainda, o não reconhecimento do implante. Nota-se que a redução da área selecionada, evitando a interferência de artefatos próximos ao implante, bem como o aprimoramento técnico da segmentação da imagem, são etapas necessárias

para elevar o aplicativo a um patamar que permita que o mesmo possa ser comercializado futuramente.

O uso da inteligência artificial (MORAES et al., 2015) seria o caminho mais eficaz para solucionar as falhas evidenciadas durante a validação do *software*. A ampliação do banco de dados, mão de obra especializada e uso de uma linguagem de programação mais robusta, permitirá que o *software* leia um número maior de informações dentro da imagem do implante e escolha o melhor caminho para a identificação do mesmo. Esse passo implicará na utilização de uma nova linguagem de programação chamada Python, da Python Software Foundation (VENNERS, 2003; WIKIPEDIA, 2016).

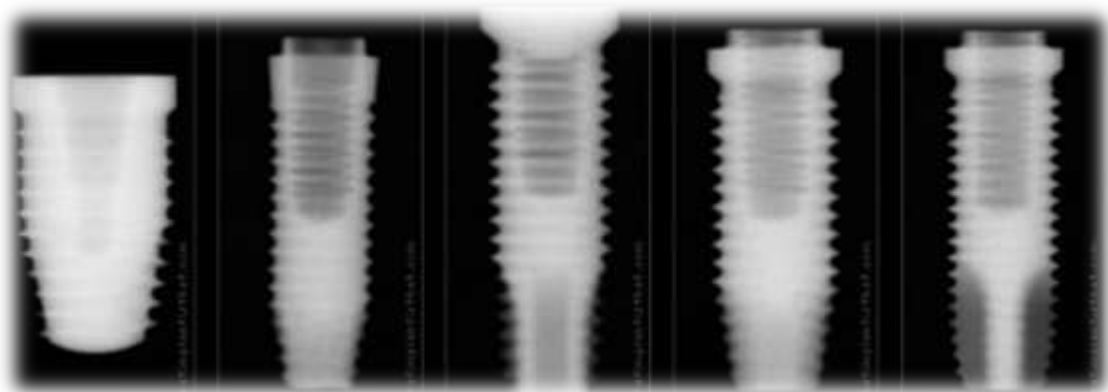
No terceiro teste de validação (Grupo 3), dos 34 implantes testados em triplicata pelo Pesquisador 1, 3 implantes foram identificados erroneamente como sendo similares aos implantes do banco de dados. Em 2 dos casos, os implantes testados eram da marca Emfils, mas com dimensões diferentes aos implantes pertencentes ao banco de dados (ECIE-4014 como sendo ECIE-4013 e ICM-4010 como sendo ICM-4008). Em apenas um caso, um implante da marca Conexão, de dimensões semelhantes a um implante do banco de dados, foi reconhecido de forma equivocada pelo aplicativo. Da mesma forma, no teste realizado pelo Pesquisador 2, um dos implantes da marca Conexão também foi erroneamente identificado como um dos implantes do banco de dados, contudo, os implantes identificados pelos pesquisadores foram diferentes. Três implantes da marca Emfils também foram reconhecidos de forma incorreta na validação realizada pelo Pesquisador 2 (ICM-4010 identificado como ICM-3508, ICM-3510 identificado como ECIE3310 e IHEN-

3513 identificado como IHEN-3510). Podemos considerar, portanto, que o *software* apresentou um índice elevado de acerto uma vez que em apenas 3 casos o programa reconheceu erroneamente a marca ou a conexão do implante, mas nos outros 4 casos o equívoco ocorreu somente quanto as dimensões do implante, não afetando a reabilitação protética. Tanto no primeiro quanto no terceiro teste de validação, o *software* apresentou desempenho adequado, cumprindo com as expectativas da equipe. Os baixos índices de acerto ocorreram somente no segundo teste, na qual variáveis como a qualidade da imagem e a calibração do operador, mostraram-se determinantes para o sucesso do reconhecimento do implante.

Embora o aplicativo tenha cumprido com os objetivos propostos para essa primeira versão, podemos destacar algumas imprecisões que merecem ser aprimoradas. Primeiramente, faz-se necessário criar dispositivos para o que próprio *software* seja capaz de determinar se a qualidade da imagem radiográfica está adequada ou não por meio de parâmetros técnicos, rejeitando a imagem quando a mesma for considerada inadequada pelo *software*. Na sequência, a automatização completa da segmentação da imagem reduziria significativamente o erro do operador, supostamente, o principal fator responsável pelas falhas na identificação. A ampliação do banco de dados é outro objetivo a ser atingido. Este, deverá ser significativamente maior do que o atual, contendo não apenas todos os modelos de implantes da marca Emfils, mas também implantes de outras marcas comerciais e os CADs dos mesmos. Embora tenham sido subutilizados nessa primeira versão, os CADs são capazes de fornecer informações precisas sobre as dimensões dos implantes. Vale

ressaltar que um dos fatores que impossibilitou a construção de um banco de dados amplo foi a relutância das empresas em ceder informações, sendo que apenas a empresa Emfils forneceu o material necessário (CADs e amostras de implantes).

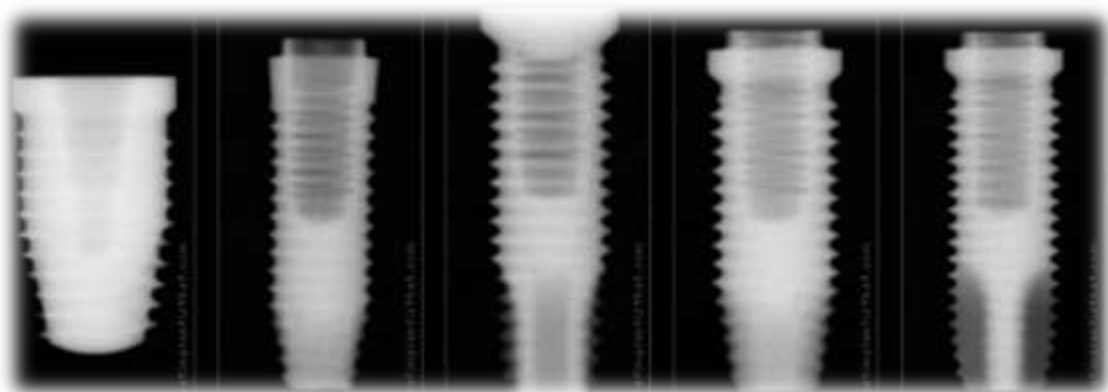
A ciência evolui frente a erros e acertos, mesmo tendo percorrido um longo e árduo caminho até o desenvolvimento da versão atual do aplicativo, este, ainda pode ser considerado um projeto piloto, que requer aprimoramento, mas com grande potencial para ser comercializado no futuro.



Conclusão

5. CONCLUSÃO

O aplicativo desenvolvido atendeu as expectativas para a primeira versão apresentada. Embora requeira aprimoramento, este, apresenta notável potencial comercial, podendo ser ofertado gratuitamente aos profissionais através de um link, bem como comercializado pelas empresas de implantes. Independente da forma de propagação, o aplicativo mostrou ser um importante mecanismo auxiliar na identificação de implantes dentários já instalados, viabilizando assim a reabilitação protética de pacientes.



Referências

6. REFERÊNCIAS

1. BRÄNEMARK, P. I.; ADELL, R.; BREINE, J. et al., Intraosseous anchorage of dental prostheses. Experimental studies. Scand. J. Plast. Reconstr.Surg., Stockholm, v. 3, n. 2, p.81-100, 1969.
2. BRÄNEMARK, P. I.; HANSSIN, B. O.; ADELL. R., et al., Osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw: experience from a 10-year period. Scand. J. Plast. Reconstr. Surg., Stockholm, v. 16, n. 1, p. 132, 1977.
3. ADELL, R.; LEKHOHLM, U.; ROCKLER, B. et al., A 15-years study ofosseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Int. J. oral Surg., Copenhagen, v.10, n. 6, p. 387-416, dec., 1981.
4. BRÄNEMARK, P. I.; ADELL, R.; ALBREKTSSON, T. et al., Osseointegrated titanium fixtures in the treatment of edentulous ness. Biomaterials, [s. i], v. 4, n. 1, p. 25-8,jan., 1983.
5. BUCHS, A. U.; HAHN, J.; VASSOS, D. M. Interim clinical study report: a threaded, hydroxylapatite-coat implant – five year restoration safety and efficacy. J. oral Impl., [s. i], v. 21, n. 4, p. 266-74, 1995.
6. FAVERANI, L. P.; et al. Implantes osseointegrados: evolução sucesso. Salusvita, Bauru, v. 30, n. 1, p. 47-58, 2011.
7. SEWERIN, I. Identification of dental implants on radiographs. Quintessence Int., v. 23, n. 9, p. 611-8, sep., 1992.

8. SAHIWAL, I.G.; WOODY, R.D.; BENSON, B.W.; GUILLEN, G.E. Radiographic identification of threaded endosseous dental implants. *J. Prosthet. Dent.*, v. 87, p.563-77, 2002;87.
9. SAHIWAL, I.G.; WOODY, R.D.; BENSON, B.W.; GUILLEN, G.E. Radiographic identification of nonthreaded endosseous dental implants. *J. Prosthet. Dent.*, v.87, p. 552-62, May, 2002.
10. NUZZOLESE, E.; LUSITO, S.; SOLARINO, B.; DI VELLA, G. Radiographic dental implants recognition for geographic evaluation in human identification. *J. Forensic. Odontostomatol.*, v.27, n.1, p.8-11.
11. SACKSTEIN, M.; CARDASH, H.S. Radiographic identification of dental implants in Israel. *Refu'at Ha-peh Veha-shinayim*. v.22, n.1, p. 43-56, Jan., 2005.
12. MICHELINAKIS, G.; SHARROCK, A.; BARCLAY, D.C.W. Identification of dental implants through the use of Implant Recognition Software (IRS). *International Dental Journal*, v. 56, n. 4, p. 203-208, 2006.
13. CROSP. Portal de Especialidades- Implantodontia. Disponível em:<http://www.crosp.org.br/camara_tecnica/apresentacao/11.html>. Acesso em:13 de fev.2020.
14. SILVA, R.F.; FRANCO, A.; CASTRO, M.G.; DUMONT, J.A.V.; GARCIA, R.R.; SOUZA, J.B. Dental human identification using radiographic records of oral implant placement- a case report. *Austin J. Forensic Sci Criminol.* v.1, n.1, p.1-3, id1005, 2014.
15. ESTADO DE MINAS. Brasil tem 230 mi de smartphones em uso. Disponível em:<https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2019/04/26/internas_ec

onomia,1049125/brasil-tem-230-mi-de-smartphones-em-uso.shtml>, 2019.
Aceso em:13 de fev.2020.

16. INTERNATIONAL DATA CORPORATION (IDC). Worldwide Business Use Smartphone 2013-2017 Forecast and Analysis. Disponível em:<[http://www.idc.com/.](http://www.idc.com/)>Framingham: MA; 2013. Citado em: 01 de jul. 2013.
17. TIBES, C.M.S.; DIAS, J.D.; MASCARENHAS, S.H.Z. Aplicativos móveis desenvolvidos para a área da saúde no Brasil: revisão integrativa da literatura. Rev Min Enferm. v.18, n.2, p.471-478, abr/jun, 2014.
18. AMMENWERTH, E.; BUCHAUER, A.; BLUDAU, B.; HAUX, R. Mobile information and communication tools in the hospital. International J Medical Informatics. v.57, p.21-40, 2000.
19. BURDETTE, S.D.; HERCHLINE, T.E.; OEHLER, R. Practicing medicine in a technological age: using smartphones in clinical practice. Clin Infect Dis. v.47, p.2008, 47:117–122.
20. OEHLER, R.L.; SMITH, K.; TONEY, J.F. Infectious diseases resources for the iPhone. Clin Infect Dis. v.50, p.1268-1274.
21. CATALAN, V.M.; SILVEIRA, D.T.; NEUTZLING, A.L.; MARTINATO, L.H.M.; BORGES, G.C.M. Sistema NAS: nursing activities score em tecnologia móvel. Rev Esc Enferm USP. v.45, n.6, p.1419-26, 2011.
22. MENEZES JÚNIOR JV, D'CASTRO RJ, RODRIGUES FMM, GUSMÃO CMG, LYRA NRS, SARINHO SW. InteliMed: uma experiência de desenvolvimento de sistema móvel de suporte ao diagnóstico médico. Rev Bras Comp Aplic. v.3, n.1, p.30-42, 2011.

23. GARTNER, INC. Market Share: Mobile Communication Devices by Region and Country, 3Q11. Disponível em: <<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1848514>>. Acesso em: 13 de fev. 2020.
24. SOUZA, R.C.; ALVES, L.A.C.; HADDAD, A.E.; MACEDO, M.C.S.; CIAMPONI, A.L. Processo de criação de um aplicativo móvel na área de odontologia para pacientes com necessidades especiais Revista da ABENO. v.13, n.2, p.58-61, 2013.
25. BARONE, D.A.C.; FIGUEIREDO, M.C.; WINK, G.L. O Impacto do uso de ICT na saúde: desenvolvimento e aplicação de um sistema móvel na estratégia saúde da família. In: XXXVII Conferência Latinoamericana de Informática (XXXVII CLEI), 2012. Quito (Equador). Anais da Conferência Latinoamericana de Informática. Quito: CLEI; 2012.
26. WINK, G.L. Desenvolvimento de solução em dispositivos móveis na área da saúde [monografia]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2012.
27. HOWELL, K.; FERLEY, N. What implant is that? Disponível em: <<https://whatimplantisthat.com>>. Acesso em: 13 de fev.2020.
28. YAKIR, M.; YAKIR, A. Osseosource. Disponível em: <www.osseosource.com>. Acesso em: 13 de fev.2020.
29. BARKETA, J.; JAMES, H.; MARINO, V. Survival of batch numbers within dental implants following incineration as an aid to identification. J Forensic Odontostomatol. v.28, p.1-4, 2010.

30. MARCO, F. Software for cataloging and identification of dental implants: A powerful tool for recognition and forensic identification purposes. J Forensic Res. v.4, n.4, 2013.
31. PRESIDENCIA DA REPUBLICA- CASA CIVIL. LEI Nº 9.279, DE 14 DE MAIO DE 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9279.htm>, 1996. Acesso em: 13 de fev. 2020.
32. SIQUEIRA, M. L. Reconhecimento Automático de Padrões em Imagens Ecocardiográficas. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.
33. GONZALES, R. C.; WOODS, R. E. Processamento Digital de Imagens. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
34. MORAIS, P.; QUEIRÓS, S.; MOREIRA, A. H. J.; FERREIRA, A.; FERREIRA, E.; DUQUE, D.; RODRIGUES, N. F.; VILAÇA, J. L. Computer-aided recognition of dental implants in X-ray images. In: SPIE Medical Imaging, 2015, Orlando. Proc. SPIE 9414, Medical Imaging 2015: Computer-Aided Diagnosis, Orlando, Academic Press, 2015. p. 94142E.
35. STOLOJESCU-CRIȘAN, C.; HOLBAN, Ș. A Comparison of X-Ray Image Segmentation Techniques. Advances in Electrical and Computer Engineering, v. 3, n. 3, p. 85-92, 2013.
36. SOLOMON, C.; BRECKON, T. O que é Matlab?. In:_____. Fundamentos de Processamento Digital de Imagens: Uma Abordagem Prática com Exemplos em Matlab. Rio de Janeiro: 1 ed. LTC, 2013. p. 13.

37. KRAMER, O. K-Nearest Neighbors. In:_____. Dimensionality Reduction with Unsupervised Nearest Neighbors. Berlim: Editora Springer, 2013. cap. 2, p. 13-23.
38. JAMES, G.; WITTEN, D.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. Classification. In:_____. An Introduction to Statistical Learning. New York: Editora Springer Science, 2013. cap. 4, p. 127-174.
39. VIVIANI, C.A.B. Proposta de metodologia para verificação e validação de equipamentos eletromédicos. 2011.[Dissertação de Mestrado] - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Campinas-S.P. 2011.
40. WIKIPEDIA. Verificação e validação. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Verificação_e_validação#cite_ref-:0_5-0>, 2018. Acesso em: 28 de fev.2020.
41. BORGES, M.A.C; et al. Semiautomatic device for in vitro/experimental bone perforation in dental implant research. Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery. v.47, p.991-995, 2019.
42. BORGES, M.A.C; et al. Avaliação da estabilidade primária de implantes curtos e convencionais instalados em ossos de diferentes densidades. Full Dent. Sci. v.10, n.38 p.69-75, 2019.
43. WIKIPEDIA. Python Software Foundation. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Python_Software_Foundation>, 2016. Acesso em: 28 de fev.2020.
44. VENNERS, B. The Making of Python. Disponível em: <<https://www.artima.com/intv/python.html>>, 2003. Acesso em: 28 de fev.2020.