



**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAMETRO
ODONTOLOGIA**

ALAN DE PAULA E LIMA

**DESENVOLVIMENTO DE UM DIGITALIZADOR DE RADIOGRAFIAS
PERIAPICAIS DE BAIXO CUSTO**

**FORTALEZA
2020**

ALAN DE PAULA E LIMA

DESENVOLVIMENTO DE UM DIGITALIZADOR DE RADIOGRAFIAS PERIAPICAIS
DE BAIXO CUSTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Odontologia do Centro Universitário Fametro (Unifametro), como requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob a orientação do prof.^o Rômulo Bomfim Chagas.

FORTALEZA

2020

ALAN DE PAULA E LIMA

DESENVOLVIMENTO DE UM DIGITALIZADOR DE RADIOGRAFIAS PERIAPICAIS
DE BAIXO CUSTO

Artigo TCC apresentada no dia 28 de Maio de 2020 como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Odontologia do Centro Universitário Fametro (Unifametro), tendo sido aprovado pela banca examinadora composta pelos professores abaixo:

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Me. Rômulo Bomfim Chagas
Orientador – Centro Universitário Fametro (Unifametro)

Prof^o. Dr. Paulo André Gonçalves de Carvalho
Membro - Centro Universitário Fametro (Unifametro)

Prof^a. Dra. Paula Ventura da Silveira
Membro - Centro Universitário Fametro (Unifametro)

Ao professor Rômulo Bomfim, que com sua dedicação e cuidado de mestre, orientou-me na produção deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter permitido que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas em todos os momentos.

A este centro universitário, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

A todos os funcionários da instituição por todo apoio e por proporcionaram um ambiente propício para o desenvolvimento do meu trabalho de conclusão de curso.

Aos meus pais, Aldenio e Regiane que apesar de todos as dificuldades, me ajudaram na realização do meu sonho.

Agradeço à minha namorada Kassia Ribeiro que sempre esteve ao meu lado durante o meu percurso acadêmico.

Aos meus amigos, em especial Andreza Stefanie, Antônia Gisneiane, Carla Danielly, Milena Pereira, Maria das Graças, Abner Vidal, Karla Vidal, Jessica Soares, Ana Cristina Veloso, Ananda Brasileiro, Valdenia Maciel e minha dupla durante a faculdade Magno Maia, por toda a ajuda e apoio durante este período tão importante da minha formação acadêmica.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Uma mente necessita de livros da mesma forma que uma espada necessita de uma pedra de amolar, se quisermos que se mantenha afiada.

George R. R. Martin

DESENVOLVIMENTO DE UM DIGITALIZADOR DE RADIOGRAFIAS PERIAPICAIS DE BAIXO CUSTO

Alan de Paula e Lima¹

Rômulo Bomfim Chagas²

RESUMO

É evidente o uso de tecnologias disponíveis na Odontologia. Na prática clínica diária o uso da tecnologia, vem atravessando o advento de novos equipamentos que permitem ao cirurgião-dentista uma gama de possibilidades, auxiliando no diagnóstico e prognóstico de doenças na odontologia. A utilização dos sistemas informatizados é irreversível em todas as áreas das atividades humanas e não deixaria também de ser na odontologia. O objetivo desse trabalho é desenvolver um equipamento para digitalização de radiografias periapicais que seja de fácil manipulação, baixo custo e que apresente resultados satisfatórios, tanto na praticidade como nas imagens obtidas. O digitalizador de radiografias periapicais de baixo custo (DRP-bc) tem como princípio ser um equipamento que irá permitir digitalizar em boa qualidade e com poucas distorções radiografias periapicais convencionais. A redução do custo dos recursos computacionais e a introdução de novas técnicas de visualização vem tornando a digitalização mais acessível a diversas áreas inclusive na odontologia moderna. O trabalho visou contribuir para a melhoria no funcionamento das clínicas odontológicas e para uma melhor manipulação de imagens radiográficas, oferecendo uma enorme gama de possibilidades.

Palavras-chave: Tecnologia odontológica; Digitalizadores; Radiografia periapical.

ABSTRACT

The use of technologies available in Dentistry is evident. In daily clinical practice or in the use of technology, it is possible to cross or advance to new equipment that allows dentist surgery a range of possibilities, as this helps a lot in the diagnosis and prognosis of diseases in dentistry. The use of computerized systems is irreversible in all areas of human activities and is also not allowed in dentistry. The objective of this work is to develop equipment for digitizing periapical radiographs that is easy to handle, low cost and will present satisfactory results, both in practice and in the recorded images. The low-cost periapical radiographs scanner (DRP-bc) has the principle of being a device that allows digitizing good quality and with few distortions of used periapical radiographs. The reduction in the cost of computational resources and the introduction of new response techniques has made digitalization more accessible in several areas, including modern dentistry. The work aimed to contribute to the improvement in the functioning of dental clinics and to a better manipulation of radiographic images, offering a huge range of possibilities.

Key words: Dental technology; Scanners; Periapical radiography.

¹ Graduando do curso de Odontologia pelo Centro Universitário Fametro (Unifametro).

² Profº. Orientador do curso de Odontologia do Centro Universitário Fametro (Unifametro).

1 INTRODUÇÃO

A odontologia moderna, vem atravessando o advento de novos equipamentos e isso permitiu ao cirurgião-dentista uma gama de possibilidades, que tem auxiliado muito no diagnóstico e prognóstico de doenças, além de questões estéticas, fornecendo todos os dados ao profissional e dando conforto ao paciente. ⁸

Hoje é evidente o uso de várias tecnologias na prática clínica odontológica diária. Há algum tempo tem surgido dispositivos que a odontologia abraçou e trouxe muitos resultados positivos, ferramentas essas que já estão disponíveis conferindo uma série de benefícios, alguns desses equipamentos já são considerados indispensáveis, como o uso de imagens radiográficas digitais, tomografias computadorizadas e localizadores apicais. ^{8, 22}

A utilização desses sistemas informatizados é irreversível em todas as áreas do conhecimento e não deixaria também de ser na odontologia. Estamos em um período de transição onde algumas dificuldades ainda necessitam ser contornadas. O cirurgião-dentista precisa se adequar e saber fazer uso das vantagens da utilização de um sistema dinâmico de informação. ¹¹

O atual interesse na tecnologia digital no campo odontológico levou ao desenvolvimento de digitalização e impressões tridimensionais. As vantagens dos modelos digitais incluem mais eficiência no armazenamento e recuperação dos dados, maior versatilidade diagnóstica, facilidade na transferência e durabilidade superior. ⁹

Atualmente, quase todas as áreas da odontologia utilizam equipamentos diferenciados, permitindo o acesso a imagens importantes para o planejamento de casos clínicos. As imagens digitais favorecem muito o cirurgião-dentista, permitindo este que faça um melhor diagnóstico, como para o paciente, na visualização do seu tratamento. Além disso a utilização da informática de um modo geral, está cada vez mais presente nos consultórios odontológicos atualmente. ⁸

Essas possibilidades são fruto dos avanços científicos e tecnológicos pelos quais a odontologia, como outras profissões, vem se beneficiando desde a sua criação. Recursos que permitem aos profissionais utilizar ferramentas, antes inimagináveis, facilitando o diagnóstico, comunicação entre profissionais, bem como

com os pacientes, além de ser uma excelente forma para a avaliação crítica prospectiva e retrospectiva da evolução e resultado. ¹⁶

Alguns autores em 1993 já mencionam que o diagnóstico por imagens na odontologia oferece recursos técnicos e sofisticados na obtenção de imagens dos pacientes, baseados em tecnologias computacionais, sendo útil a todas as especialidades e no auxílio do desempenho do profissional. ^{15. 18}

Também nessa época já era citado a possibilidade de ter um consultório em que o computador não apenas armazena dados administrativos, mas também apresenta diagnósticos detalhados, tratamento dos pacientes, obtendo informações de forma rápida, precisa, segura e eficiente, dando a possibilidade de uma visão tridimensional da estrutura alvo do exame. ^{3. 18}

Existem inúmeras vantagens associadas à se ter uma imagem de uma radiografia em formato digital, dentre as quais podemos citar, a melhor observação da imagem pela possibilidade de manipulação, pelas ferramentas disponíveis nos softwares, como ajuste de brilho, contraste, conversão negativo/positivo, zoom, modos de 3-dimensões, subtração digital, entre outras características. ¹³

Ao longo dos anos, no campo da saúde e da odontologia, aconteceram avanços significativos desses sistemas. Porém, os cirurgiões-dentistas ainda não migraram para essa tecnologia principalmente no Brasil por conta dos altos investimentos. ⁵

Ao analisar os sistemas de radiografias digital no mercado brasileiro atualmente, nota-se a falta de um aparelho que possa ajudar o cirurgião-dentista no processo de transição da era analógica para digital, que tenha um fácil manuseio e um baixo custo.

O trabalho proposto tem como objetivo principal desenvolver um equipamento para digitalização de radiografias periapicais que busque suprir essa necessidade, sendo um aparelho que o cirurgião-dentista possa facilmente implementar no seu consultório com intuito de trazer a ele os benefícios que uma imagem radiográfica digital pode oferecer, sendo de fácil acesso, tendo baixo custo de produção e de fácil manuseio.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Processos de obtenção da imagem digital

Com o objetivo obter todas as vantagens proporcionadas pela utilização das imagens digitais hoje se ver necessário transformar a documentação tradicional, composta basicamente por fotografias analógicas, modelos de estudo e radiografias, em imagens digitais. Para isso, é necessário que toda a documentação seja digitalizada por um aparelho que desempenhe essa função. ¹⁷

A tecnologia da imagem digital propicia os meios de se transcrever digitalmente documentos analógicos em forma de imagem digital para armazenagem, transmissão e recuperação em sistemas computadorizados. As imagens digitais podem ser produzidas por diversos aparelhos, incluindo câmeras de vídeo e fotográficas digitais, scanners, entre outros. ¹⁶

O processo de conversão de uma imagem analógica para uma imagem digital é conhecido como digitalização. Existem vários dispositivos que realizam esse processo, mas os principais seriam os dispositivos de entrada matricial. Estes dispositivos são constituídos por sensores, que captam os sinais das imagens, e por um circuito digital-analógico, converte os sinais analógicos em matrizes de dados digitais. Estas matrizes representam as imagens capturadas. ²⁰

Os dispositivos de entrada matricial são em geral utilizados de forma não-interativa, ou seja, não dependem de uma pessoa para realizar a conversão. Como exemplos mais comuns deste tipo de dispositivos, tem-se o scanner e a câmera de vídeo. A estrutura dos dispositivos de entrada do tipo matricial consiste em um sensor que capta sinais no espaço ambiente e um circuito analógico-digital que converte esses sinais analógicos para o formato digital. ²⁰

É na etapa da aquisição que a imagem é convertida numa representação numérica conhecida como sistema binário, que seria a linguagem computacional adequada para o processamento digital. É nessa etapa que se definem fatores como as taxas de resolução, brilho, contraste entre outros. ⁶

Resumindo, digitalizador é um dispositivo para a conversão de uma imagem física para a forma digital de modo que esta informação possa ser

representada através de bits 0s e 1s e, assim, interpretada pelo computador e exibida por ele.

Figura 1 – Representação numérica de uma imagem.

```

0010011100100010111100010100101010010001001001000100
1110010001011110001010010101001000100100100010011100
1000101111000101001010100100010010010001001110010001
0111100010100101010010001001001000100111001000101111
0001010010101001000100100100010011100100010111100010
1001010100100010010010001001110010001011110001010010
1010010001001001000100111001000101111000101001010100
1000100100100010011100100010111100010100101010010001
0010010001001110010001011110001010010101001000100100
1000100111001000101111000101001010100100010010010001
0011100100010111100010100101010010001001001000100111
0010001011110001010010101001000100100100010011100100
0101111000101001010100100010010010001001110010001011
1100010100101010010001001001000100111001000101111000
1010010101001000100100100010011100100010111100010100
1010100100010010010001001110010001011110001010010101
0010001001001000100111001000101111000101001010100100
0100100100010011100100010111100010100101010010001001
0010001001110010001011110001010010101001000100100100
0100111001000101111000101001010100100010010010001001
1100100010111100010100101010010001001001000100111001

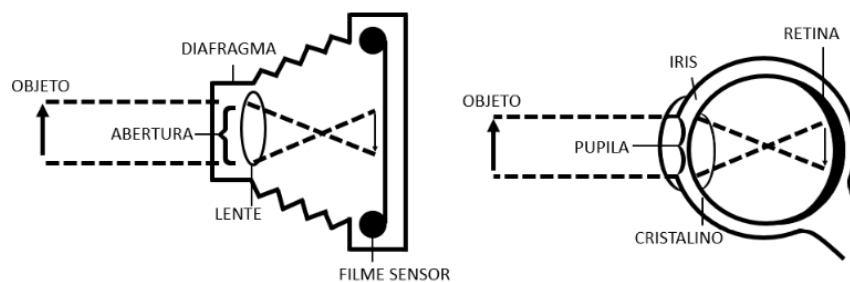
```

Fonte: Machado (2004).

Embora já existam equipamentos radiográficos totalmente digitais, ou seja, ao invés de filmes analógicos, a imagem é captada diretamente por uma matriz de sensores e automaticamente convertida para a forma digital e armazenada em um microcomputador. No Brasil a utilização de tais equipamentos ainda é um pouco restrita e encontrada apenas em algumas clínicas particulares, devido ao seu alto custo de aquisição. ⁶

O uso de câmeras digitais como digitalizador tem seu peso na fidelidade, na qualidade das imagens e pode ser um excelente aliado nesse processo, porém implementação de algumas práticas, exige o domínio de conhecimento de técnicas do equipamento por vezes desconhecidas pelos cirurgiões-dentistas. ¹⁷

Figura 2 – Exemplificando o funcionamento de uma câmera digital comparada ao olho humano.



Fonte: LFP (2015).

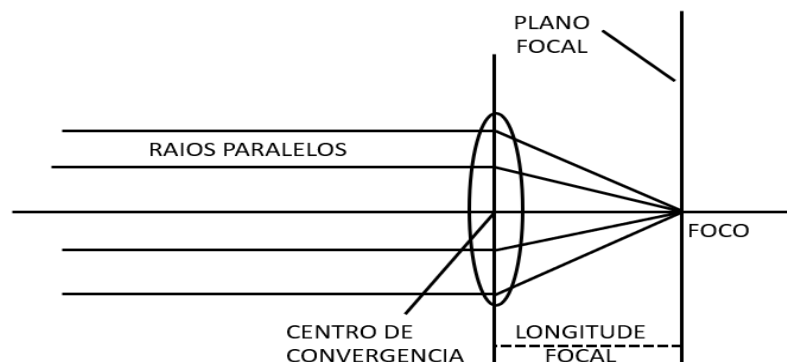
Na câmera digital dos *smartphones* o processo é idêntico a câmeras convencionais, só que em vez do filme, a luz que é captada pela lente passando pelo obturador se projeta em um sensor digital. Esse princípio é o mesmo para todas as câmeras do mundo, desde a primeira inventada, em 1839 pelo francês Daguerre, até a mais sofisticada. O que a tecnologia fez foi reduzir cada vez mais o tamanho dos componentes até caber tudo em um espaço ínfimo, o seu *smartphone*.¹⁹

2.1.1 Influências da distância focal na qualidade da imagem

Distância focal é, junto com a abertura do diafragma da câmera, é uma das mais importantes características de uma câmera. É a partir dela que o usuário define, por exemplo, a maior ou menor aproximação de uma imagem, ou ainda escolhe o campo de visão que deseja trabalhar, isso reflete diretamente na qualidade final obtida por ela.¹⁴

A distância focal de uma câmera é determinada a partir dos pontos nodais até os focais, ou seja, é a distância, em milímetros, entre o ponto de convergência da luz até o ponto - sensor ou filme em máquinas fotográficas e filmadoras - onde a imagem focalizada será projetada (figura 3).²

Figura 3 – Esquema exemplificando o funcionamento da distância focal.



Fonte: LFP (2015).

Quanto maior for a distância focal, menor será o ângulo de visão da imagem e maior será a "aproximação" dos objetos focalizados, devido ao corte realizado. A fim de determinar o comprimento focal de uma lente esférica, se utiliza da Equação de Gauss (figura 4).²⁴

Figura 4 – Equação do calculando a distância para o objeto

$$D = \frac{F \cdot W}{P}$$

Fonte: Elaboração do autor.

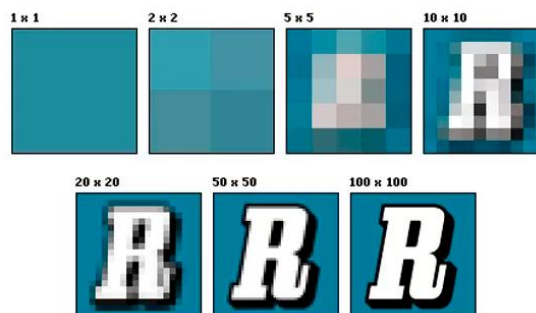
Na equação F - é a distância focal da câmera, P - é a largura do objeto na imagem, W - é a largura do objeto na realidade e D - é a distância do objeto para câmera. Na equação acima, percebemos que não somente pode-se determinar a distância focal, mas também determinar qualquer uma das incógnitas, desde que as outras sejam fornecidas. ²⁴

Esses parâmetros são de extrema importância na imagem final, a distância que a câmera se encontra do objeto a ser digitalizado pode refletir em vários aspectos que podem diferenciar uma excelente imagem digital de apenas um borrão distorcido. É essencial em digitalizador adequar corretamente esses parâmetros para se obtenha o máximo que ele pode oferecer. ²

2.1.2 Resolução e definição

A resolução das imagens digitais é a qualidade que esta apresenta, ou seja, quanto maior a resolução da imagem, maior definição de detalhes e conseqüentemente, melhor reprodução de cores, brilho e contraste como mostra a figura 5. A resolução da imagem é diretamente proporcional à quantidade de pixel, ou seja, quanto maior a quantidade de pixel, maior será a qualidade da imagem. ¹⁶

Figura 5 – Esquema mostra como o acréscimo de resolução torna a imagem mais definida



Fonte: Nemes (2011).

É preciso ter em mente que, quanto maior a quantidade de pixel, e assim uma imagem com melhor resolução, maior será a quantidade de informações que precisarão ser processadas, resultando em um tamanho do arquivo maior a ser salvo no computador, conseqüentemente ocupando mais “espaço” na memória. Outro conceito de fundamental importância é a definição da imagem. Ou seja, quanto maior a quantidade de pixel, maior será a resolução, portanto maior ser a definição, isso dá a imagem uma maior quantidade de detalhes que pode também ser observada na imagem acima. ¹⁶

2.2 Radiografia digital

Desde que a radiografia se tornou uma realidade na odontologia, até os dias atuais, houve progressos. O avanço dessa tecnologia, associada aos benefícios de seu uso, oferece uma grande oportunidade de aprimoramento ao profissional que deseja manter-se atualizado, tal equipamento desempenha um papel importante em diversas clínicas e consultórios odontológicos. ¹⁰

A partir da década de 80 quando os primeiros computadores de uso pessoal surgiram no Brasil, reduziu parte dos custos desses equipamentos, com isso e somados ao desenvolvimento dos sistemas gráficos entre outras funções, a informática foi gradativamente passando a fazer parte de clínicas odontológicas, especialmente por facilitarem o trabalho funcional, armazenando informações, ordenando e facilitando a busca pelos prontuários, mantendo os controles contábeis e auxiliando na comunicação com os pacientes. ¹¹

Com toda essa evolução surgiram as primeiras tentativas de utilizar sistemas de imagem digital em radiologia, isso foi através da digitalização da película radiográfica, utilizando uma câmera de vídeo ou scanner digital que ainda é bastante utilizado até hoje. Em 1987, o primeiro sistema digital direto foi demonstrado pelo dentista e criador francês, Francis Moyon, utilizando receptores de imagens por sensores. ⁴

Existem inúmeras vantagens associadas à radiografia digital, dentre as quais podemos citar, a redução na dose de radiação aplicada ao paciente seja ela por uma exposição mais rápida ou pela redução no número de tomadas radiográficas, melhor observação da imagem pela possibilidade de manipulação

entre outras características. Deve-se enfatizar sua agilidade na obtenção da imagem, por eliminar o processo manuais de revelação e fixação; facilidade de armazenamento e organização, ocupando pequeno espaço e acesso fácil e rápido dos arquivos. ¹³

Desde sua introdução a radiologia digital vem se aprimorando e tomando mais espaço no mercado odontológico num cenário mundial, tendendo a substituir a radiologia convencional, em alguns locais isso já é uma realidade em outros como o Brasil está ainda caminhando devagar. ⁵

Há várias formas de se aplicar na pratica as imagens radiográficas digitais, sendo suas principais aplicações envolvendo o diagnóstico de cárie, o tratamento endodôntico, a terapia periodontal, o diagnóstico de fraturas e perfurações radiculares e a ortodontia. ¹

No que diz respeito à documentação odontológica, a informática apresenta-se como uma possibilidade viável para solucionar os impasses decorrentes da utilização de prontuários convencionais. Dentre eles, cita-se a grande demanda por espaços físicos destinados ao armazenamento dos documentos nos consultórios odontológicos e a dificuldade para acessar os dados dos pacientes. ⁷

3 DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DO DRP-bc

3.1 Métodos computacionais para construção e proposta do projeto

A redução do custo dos recursos computacionais e a introdução de novas técnicas de visualização vem tornando a digitalização mais acessível a diversas áreas inclusive na odontologia moderna. Este trabalho descreve o projeto e desenvolvimento de um dispositivo para permitir a digitalização de radiografias periapicais de forma simples, rápida e a um custo baixo, particularmente úteis na odontologia atual.

O digitalizador de radiografias periapicais de baixo custo (DRP-bc) tem como princípio ser um equipamento que com o auxílio de um *smartphone* irá permitir digitalizar em boa qualidade e com poucas distorções radiografias periapicais convencionais.

Os principais requisitos considerados na realização do projeto incluem a facilidade de operação, simplicidade do projeto, custo e precisão. A redução nos custos e no tempo para fabricação do protótipo viabilizou o desenvolvimento do digitalizador, uma vez que esses recursos eram bastante limitados.

Para isso, foram realizados estudos extensos sobre aspectos relacionados a inúmeras áreas, tais como: processamento de imagem, digitalizadores comerciais de filmes radiográficos, sistemas de auxílio ao diagnóstico por computador e modelagem 3D.

Uma vez realizados esses estudos, foram definidos os critérios tanto para a elaboração, bem como do *software*, para avaliar os dados a serem extraídos das imagens digitalizadas. Foram considerados, na elaboração do *software*, procedimentos para obtenção de dados correspondentes aos parâmetros essenciais para uma boa análise dos dados.

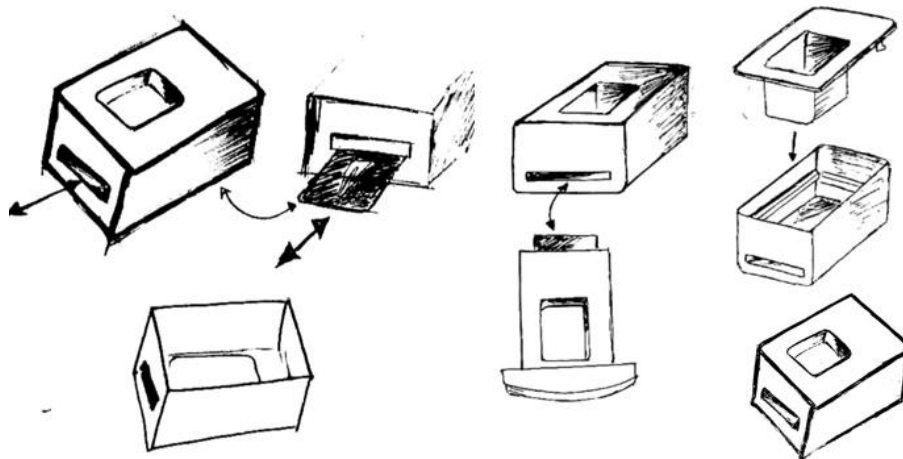
Analisando o aparelho num exacto geral da tecnologia que temos hoje, podemos classifica-lo como uma tecnologia de transição entre o totalmente analógico para o totalmente digital, onde ainda é preciso de todo o processamento radiográfico convencional para poder haver a digitalização da imagem radiográfica.

Ele foi elaborado para que o cirurgião-dentista que o utilizar tenha todas as vantagens que uma imagem radiográfica digital oferece, como a manipulação por

softwares de edição, como ajuste de brilho, contraste, zoom, modos de 3D, subtração digital, entre outras características.

O digitalizador proposto irá utilizar a câmera digital de qualquer *smartphone*, fazendo assim que haja uma redução no custo de produção do aparelho, gerando também mais praticidade ao cirurgião-dentista no seu manuseio.

Figura 6 - Esquema feito à mão do que viria a ser o DRP-bc.



Fonte: Elaboração do autor.

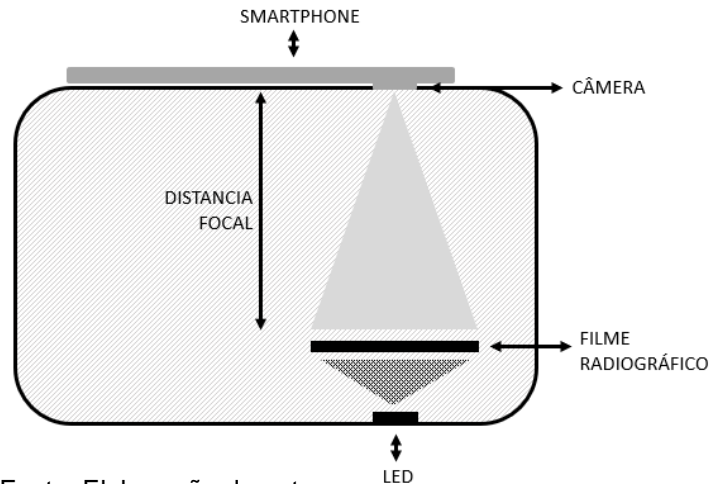
O aparelho funciona como um pequeno negatoscópio e acoplado a uma câmera escura fazendo com que não haja entrada de luz ambiente no sensor da câmera do *smartphone*, sendo assim proporcionando uma imagem mais fiel, com uma melhor taxa de brilho e contraste e uma resolução de pixels mais alta, dando mais fidelidade na digitalização do material original do filme radiográfico sem distorções causados pelo ambiente externo.

O DRP-bc terá um tamanho pequeno e formato ergonômico para que possa ser facilmente apoiado na mão do operador ou em outras superfícies.

3.2 – Modelagem e desenvolvimento virtual do DRP-bc

O início do desenvolvimento deste trabalho se deu com a implementação dos algoritmos de processamento de imagens, o que facilitou no planejamento virtual do digitalizador. Como as exigências dos algoritmos eram conhecidas, o foi elaborado de forma a satisfazer as necessidades para a modelagem virtual do projeto.

Figura 7 - Esquema de funcionalidade do DRP-bc.



Fonte: Elaboração do autor.

Conforme apresentado na figura 7 o projeto virtual em 2D foi desenvolvido utilizando o *software Powerpoint da Microsoft*. No intuito de facilitar a compreensão e a leitura das medidas estabelecidas, todas as vistas do projeto serão apresentadas dessa forma inicial, para que se tenha uma noção tridimensional de todo o aparelho.

A distância focal mostrada é uma das partes mais relevantes na construção do DRP-bc, pois é a partir de um cálculo que se define a distância ideal média entre a câmera do *smartphone* até o filme radiográfico, sem ele o resultado das imagens pode ser comprometido por distorções, má qualidade e desfoque da imagem.

Figura 8 – Cálculo da distância do filme radiográfico até a câmera.

$$D = \frac{F \cdot W}{P}$$

$$D = \frac{1,8\text{mm} \cdot 30\text{mm}}{0,6}$$

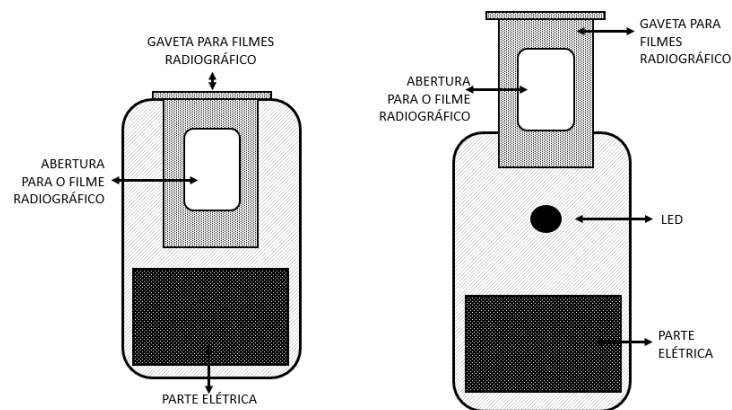
$$D = \frac{54\text{mm}}{0,6}$$

$$D = \underline{90\text{mm}}$$

Fonte: Elaboração do autor.

Esse cálculo é feito levando como base um valor médio de abertura focal de câmeras de *smartphone*, para que se possa ter um aparelho que se adapte a um maior número deles.

Figura 9 - Esquema de posicionamento do filme radiográfico na parte interna do DRP-bc.



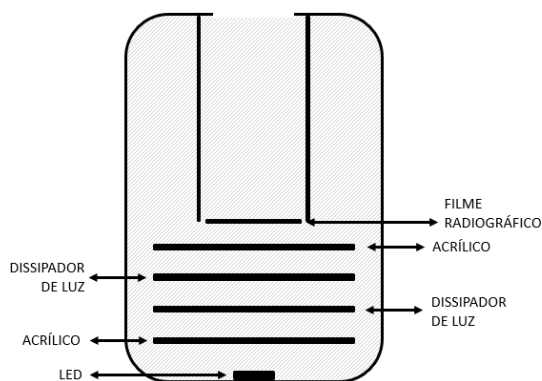
Fonte: Elaboração do autor.

O dispositivo foi pensado para ter uma articulação no formato de gaveta que abrirá e fechará, levando o filme radiográfico deixando na posição correta tanto com relação a distância focal entre a câmera e a película como também com relação a fonte de luz como mostra a figura 9. Com isso são reduzidos possíveis problemas de posicionamento do filme radiográfico, sendo que a gaveta será fixa na posição adequada dentro do DRP-bc.

Como mostra o diagrama do conjunto do projeto mecânico do digitalizador, uma parte essencial do projeto mecânico é a articulação. Para que a precisão e a simplicidade de projeto sejam atendidas, o projeto da articulação mecânica é um desafio.

Outro ponto chave no Planejamento do DRP-bc é a difusão da luz que o LED irá sofrer até chegar ao filme radiográfico. Na figura 10 podemos ver o esquema de difusão da luz que é emitida por um LED de auto brilho. A função da difusão da luz se dá para que tenhamos uma imagem com uma radiolucidez uniforme sem pontos com grande quantidade de luz e outros com menos.

Figura 10 - Vista interna frontal do DRP-bc, mostrando as camadas de difusão da luz.



Fonte: Elaboração do autor.

Após todo o desenho em 2D chegou a vez de passar para um modelo tridimensional que posteriormente será impresso em uma impressora 3D. Sendo assim tendo uma boa fidelidade de todas as medidas, dando um acabamento mais refinado a toda parte externa do DRP-bc, além da praticidade e do baixo custo de produção da peça.

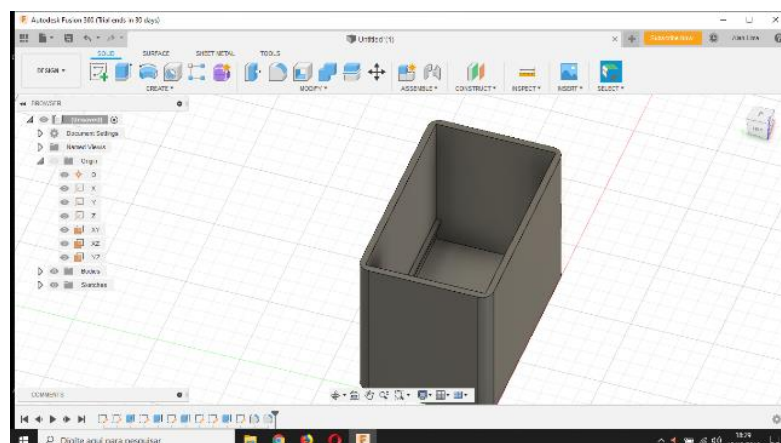
3.3 - Modelagem tridimensional

A computação gráfica é geralmente voltada para gerar, processar ou interpretar informações visuais. Estas informações estão contidas dentro de uma imagem, a qual é uma representação gráfica, plástica ou fotográfica de pessoa ou de objeto.²³

Muitas aplicações de computação gráfica envolvem a visualização de objetos e cenas 3D. Para exemplificar, os sistemas CAD (*computer-aided design*) permitem a manipulação de modelos e apresentam uma imagem de um mundo tridimensional que se movimenta continuamente. Estas aplicações diferem das aplicações bidimensionais não somente na adição de uma dimensão: elas também exigem um “realismo” na visualização dos objetos.²⁰

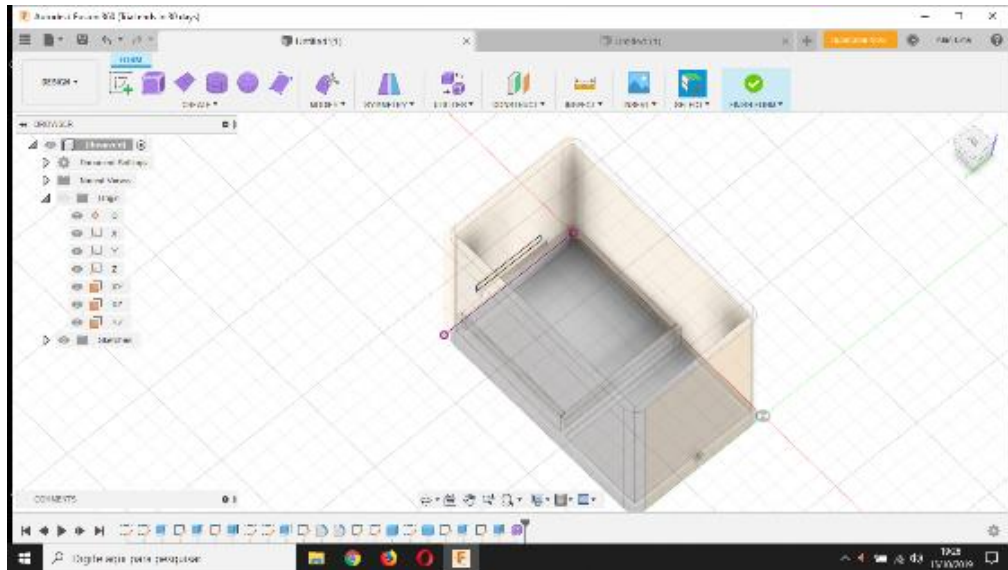
Os três principais tipos de modelos geométricos são o *aramado* (*wireframe*), faces limitantes e sólidos. A modelagem de sólidos é um importante aspecto da modelagem geométrica que é usada para criar e comunicar informações sobre sua forma. Ela envolve a criação e manutenção do modelo sólido para futuro acesso e análise.¹² Esse método foi utilizado na modelagem do DRP-bc como mostra a figura 11 e 12.

Figura 11 – Aplicação de volumes tridimensionais pelo software Fusion 360.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 12 – Manipulação tridimensional no software Fusion 360.

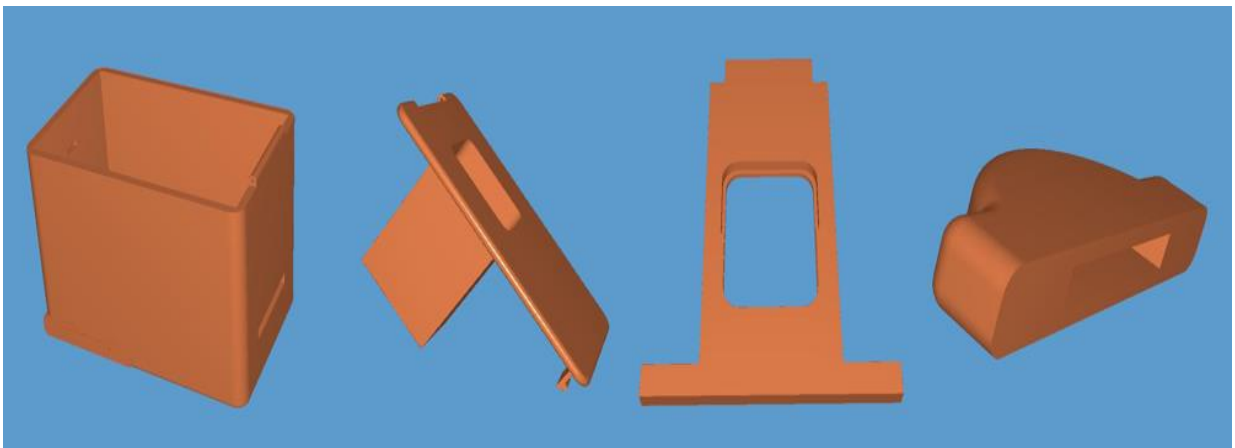


Fonte: Dados da pesquisa.

A modelagem foi realizada através do programa *fusion 360* na sua versão para *Windows* onde foi criado sólidos a partir de modelos em duas dimensões e com o comando *extrusion* foi dando volume a peça e tornando-os tridimensionais como já citado.

A modelagem total levou cerca de 10 horas, durante esse período pode-se notar o quão preciso se torna o trabalho com a utilização desse programa, chegando à precisão milimétrica dos dados. Ao final da modelagem foi constatado que para uma melhor manipulação das peças em 3 dimensões e uma maior facilidades em uma futura impressão 3D teria que se fragmentar as peças do aparelho e assim foi feito, dividindo em 4 partes apresentado na figura 13.

Figura 13 – Fragmentação do modelo 3D do DRP-bc.



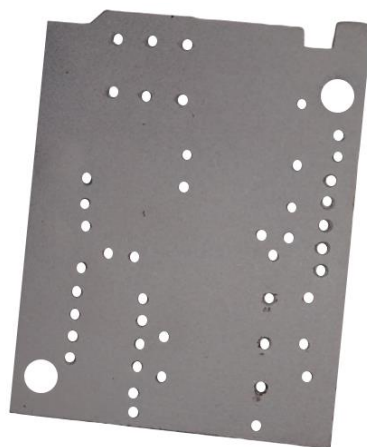
Fonte: Dados da pesquisa.

Uma vez projetado virtualmente, foram definidos os materiais a serem utilizados na sua construção. O material escolhido para a confecção foi o filamento de ABS (Acrilonitrilo Butadiene Styrene), devido a dois fatores básicos: primeiro, porque trata-se de um material resistente; segundo, pelo preço do material.

3.4 – Planta e componentes eletrônicos

Para a elaboração do sistema eletrônico envolvido no projeto foi eleito preferencialmente a *proto-board* com o intuito de obter dessa maneira mais facilidade a praticidade na montagem. A placa escolhida apresenta uma série de vantagens como o não comprometimento dos componentes utilizados nela, já que não existe a necessidade de solda, permite a modificação rápida do circuito montado, além da possibilidade de reutilização sempre que desejado, bastando a retirada dos circuitos nela montados anteriormente. Mas também pode ser construído o circuito em uma placa eletrônica simples (figura 14), que dará uma estabilidade maior aos componentes eletrônicos pois ficara soldada a mesma, além de ser mais barata que a *proto-board*, contudo é preciso de mais de habilidade para conseguir montar o circuito sobre ela.

Figura 14 – Placa de circuito *proto-board*.

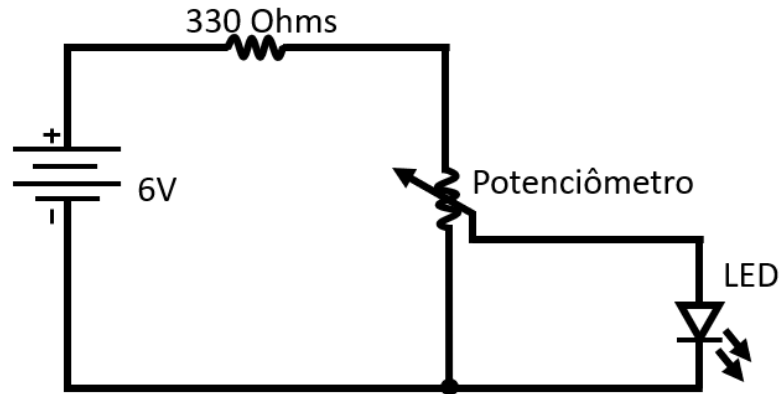


Fonte: Elaboração do autor.

Uma das decisões a serem tomadas na escolha dos componentes hardware do projeto foi a facilidade de utilização e de programação dos constituintes, bem como o custo-benefício.

Toda a parte elétrica do DRP-bc foi pensada para ser o mais simples possível, dando maior facilidade para adquirir os componentes eletrônicos, como também para sua montagem a figura 15 exemplifica como o circuito foi montado.

Figura 15 – Planta elétrica do DRP-bc.



Fonte: Elaboração do autor.

O esquema mostra que a alimentação de toda a parte elétrica vem de uma fonte de energia de 6v, no caso essa fonte virar de uma porta USB tipo A, que passará por um potenciômetro (figura 16) que dimerizará quantidade de energia que irá até o LED, fazendo com que haja o controle da quantidade de luz emitida pelo mesmo.

Figura 16 – Potenciômetro um divisor de tensão



Fonte: Elaboração do autor.

Essa dimerização é necessária para haver um controle físico de brilho e contraste, não fazendo esse controle apenas por software, dando um resultado mais fiel a imagem digital.

Figura 17 – Registror de 330 ohms.



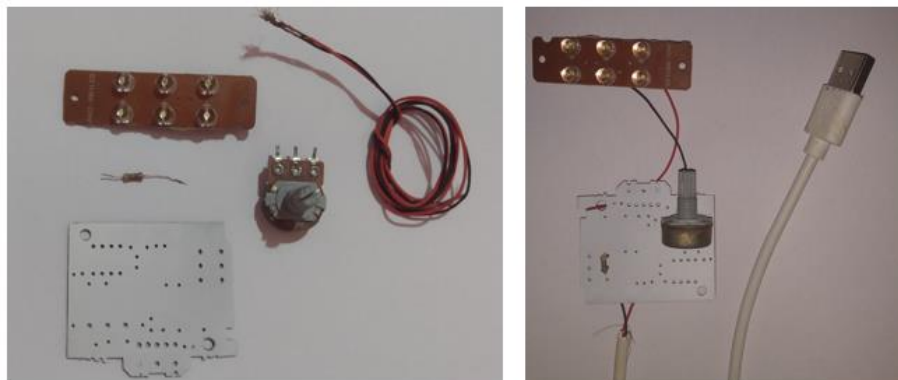
Fonte: Elaboração do autor.

O circuito elétrico será montado sobre a *protoboard* ou sobre a placa eletrônica simples, diferenciando as ligações positivas e negativas por fios de cores diferentes. Será feita a ligação do potenciômetro com a fonte de alimentação passando por um registror (figura 16) e chegando até o LED responsável pela iluminação.

3.5 – Protótipo

O protótipo foi construído dentro do prazo proposto, mas em decorrências aos efeitos da pandemia do Covid-19, inviabilizou no momento a impressão 3D do projeto. Com isso buscou uma alternativa para a realização do protótipo e com isso a construção deu-se principalmente em plástico e papelão, tentando ser o mais fiel possível ao modelo em 3D respeitando todas as medida e parâmetros. Toda a parte interna foi feita com plástico de 2 mm de espessura formando um retângulo onde foram acomodados o LED e partes eletrônicas.

Figura 18 – Construção do sistema eletrônico.



Fonte: Elaboração do autor.

O circuito eletrônico foi construindo exatamente da mesma forma que foi apresentado, utilizando uma placa eletrônica simples como base e soldando a ela os

componentes adjacentes que farão o funcionamento do DRP-bc. Posteriormente feita toda a parte elétrica ligando o LED a uma fonte de energia de 6v por meio de uma USB tipo A, que poderá ser ligada em qualquer porta USB de qualquer dispositivo.

Figura 19 – Parte interna do protótipo DRP-bc.



Fonte: Elaboração do autor.

Na parte interna do DRP-bc, como mostrado na figura acima foi feito as camadas difusoras do LED como mostrado na figura 10, seguindo o mesmo padrão da planta base: acrílico, difusor, difusor e acrílico, para uma maior eficácia na dissociação da incidência de raios de luz em um único ponto do filme radiográfico.

Figura 20 – Protótipo do DRP-bc, aberto e fechado.



Fonte: Elaboração do autor.

A parte externa do protótipo foi feita em papelão, também seguido os parâmetros preconizados para uma maior precisão do protótipo. Foi feito toda parte mecânica da gaveta assim como da modelagem 3D, adaptando pequenas coisas, além disso foi seguido ao mesmo esquema de distância focal para não haver

distorções nas capturas das imagens. A figura 20 acima retrata isso e mostra que o projeto ficou até bastante parecido com aquele que foi modelado em 3D.

Figura 21 – Protótipo finalizado com posicionamento do *smatphone*.



Fonte: Elaboração do autor.

Como se pode ver na figura 21 o protótipo foi finalizado com total funcionamento das partes, como nota-se na imagem, o posicionamento do *smatphone* sobre o DRP-bc é bastante estável e se encaixa bem no aparelho. Após a montagem foram feitos alguns testes com alguns filmes radiográficos e *smatphones*.

Figura 22 – Radiografia digitalizada pelo DRP-bc.



Fonte: Dados da pesquisa.

A captura da imagem acima se deu através do DRP-bc, pode-se notar que a qualidade da imagem ficou bastante aceitável e mesmo tendo sido feito a mão com material que não seria o ideal, as bordas e o centro da imagem ficaram bastante nítidos, agora resta saber se o uso do DRP-bc, faz realmente diferença nessa captura comparando a uma sem a utilização dele.

4 METODOLOGIA

4.1 Tipo de estudo

O presente trabalho constituiu-se de duas etapas, a primeira refere-se a pesquisa bibliográfica na qual o trabalho fundamentou-se e trouxe o conhecimento necessário sobre os componentes, que englobam o desenvolvimento do digitalizador tanto na parte estrutural como nos componentes internos.

A segunda etapa se deu pela modelagem e construção do protótipo como a modelagem 3D montagem das partes estrutural e da parte elétrica.

4.2 Revisão bibliográfica:

Foi realizado previamente uma revisão de literatura relacionados com a temática do estudo, abrangendo artigos originais, consensos, e artigos de revisão publicados, onde foram pesquisados em diversas bases de dados, com prioridade de publicações no período de 2010 a 2020, Utilizados os seguintes conjuntos de descritores e seus equivalentes em português e em inglês: Tecnologia odontológica; Digitalizadores; Radiografia periapical.

4.3 Construção do projeto:

É constituído por etapas de desenvolvimento, envolvendo a parte de desenho, análise, construção e testagem utilizando ferramentas como softwares, para compor toda essa produção. Toda essa etapa foi fundamentada a partir da revisão bibliográfica feita previamente, com isso foi feito a parte de engenharia do projeto descrevendo os componentes e sua construção fazendo uma análise a cada passo da construção.

4.4 Período do estudo

A pesquisa foi realizada no período de março de 2019 a Maio de 2020.

4.5 Coleta e análise dos dados

Mediantes as pesquisas realizadas e todo o desenvolvimento do projeto foi feita toda a análise de dados obtidos pelo desenvolvimento do projeto proposto, passando por uma série de teste tanto físicos como digitais para chegar a um resultado preciso sobre todo o desenvolvimento deste trabalho, utilizando dados precisos para dar noções da confiabilidade da eficácia do projeto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados os resultados obtidos em testes, bem como algumas simulações realizadas para validar a funcionalidade do DRP-bc.

Para a realização do teste foi utilizado *smatphone* Moto g7 Play como aparelho digitalizador. Foram obtidas imagens digitais utilizando o DRP-br e sem o dispositivo para que houvesse uma comparação nos resultados. Os testes realizados como o sistema DRP-bc podem ser divididos, para uma melhor análise.

Esses testes com o digitalizador assumem um papel de extrema importância para a utilização do sistema proposto, uma vez que muitas das medições, neste trabalho, partem da análise computacional da imagem radiográfica digital.

Uma das principais intenções deste trabalho é garantir, dentro de certo limite, que as medições realizadas sejam independentes do equipamento utilizado na aquisição das imagens digitais. Por isso todas as imagens serão passadas para um microcomputador onde serão processadas e passarão por um *software* que irá analisar os metadados das imagens obtidas.

Figura 23 – *Software Metadata Viewer* fazendo a análise das duas imagens.

Dados da imagem sem o uso do DRP-bc	Dados da imagem com o uso do DRP-bc
Aperture: 200/100 Brightness: 207/100 Date: 2020-04-05 14:05:36 Date digitized: 2020-04-05 14:05:36 Original date: 2020-04-05 14:05:36 Digital zoom: 1.0 Exposure bias: 0/6 Exposure mode: Auto Exposure time: 0.03333333333333333 sec. Flash: Off Focal length: 3543/1000 F-number: 2.0 Image width: 2340 Image length: 4160 Camera make: motorola Camera model: moto g(7) play Camera maker note: MOT Metering mode: Center weight average Photographic sensitivity: 130 X dimension: 2340 Y dimension: 4160 Scene capture type: Standard Scene type: ? Sensor type: One chip Shutter speed: 4907/1000	Aperture: 200/100 Brightness: 482/100 Date: 2020-04-05 14:06:30 Date digitized: 2020-04-05 14:06:30 Original date: 2020-04-05 14:06:30 Digital zoom: 1.0 Exposure bias: 0/6 Exposure mode: Auto Exposure time: 0.03333333333333333 sec. Flash: Off Focal length: 3543/1000 F-number: 2.0 Image width: 2340 Image length: 4160 Camera make: motorola Camera model: moto g(7) play Camera maker note: MOT Metering mode: Center weight average Photographic sensitivity: 188 X dimension: 2340 Y dimension: 4160 Scene capture type: Standard Scene type: ? Sensor type: One chip Shutter speed: 4906/1000

Fonte: Dados da pesquisa.

No teste realizado, foi utilizado o *software Metadata Viewer* na versão 1.0.1 para extrair os dados contidos na imagem adquirida e com isso fazer uma comparação entre as duas.

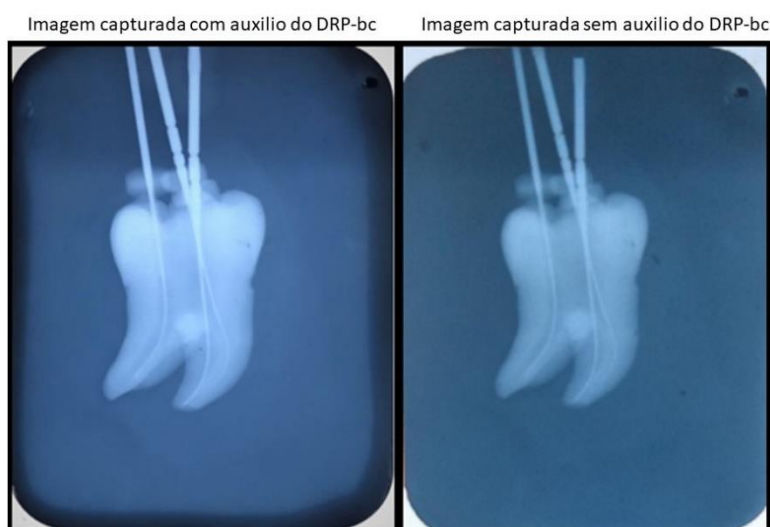
Na figura 23 são apresentados os resultados obtidos pelo *software*, com base nas informações obtidas nesses testes, sendo assim foi possível ver que houve uma grande melhora na taxa de brilho da imagem passando de uma taxa de 207/100 para uma taxa de 482/100.

Além da taxa de brilho pode-se ver uma melhora nos níveis de *photography sensitivity* significando que com o auxílio do DRP-bc houve um aumento na captura de detalhes da imagem radiográfica tornando a imagem digital com uma taxa de pixels mais alta, deixando a imagem capturada mais fiel a original.

O desempenho do sistema de digitalização no processo proposto é de extrema importância, pois a confiabilidade da resposta dada pelo sistema está diretamente relacionada com a qualidade da imagem digital que, por sua vez, depende do sistema de digitalização.

Além da análise computacional, pode-se perceber visualmente essas mudanças nas imagens obtidas, representada na figura 24. Nota-se que a imagem adquirida com auxílio do DRP-bc tem mais qualidade e um taxa de contraste maior, onde pode-se visualizar maiores detalhes da imagem comprada a imagem obtida sem o DRP-bc onde há imagem sem tantos detalhes.

Figura 24 – Comparação das duas imagens digitais.



Fonte: Dados da pesquisa.

Esse teste mostra a melhoria do desempenho na captura da imagem, mas além de resultados metafásticos, com o uso do DRP-bc durante os testes pode-se notar uma maior facilidade no manuseio das radiografias e também na captura das mesmas, por conta do posicionamento radiográfico ser preciso sendo muito mais fácil realizar o enquadramento do filme.

Figura 25 – Manipulação digital do raio x.



Fonte: Dados da pesquisa.

Como já citado anteriormente, outro aspecto importante a ser analisado é quanto sua manipulação digital, pois esse é um dos principais recursos a ser utilizado nas radiografias digitais. Como mostra a figura 25 vemos que essa manipulação aliada a captura da imagem através do DRP-bc, somou bastante, pode-se analisar nessa imagem, que a partir dessa manipulação tivemos mais definições em algumas regiões, conseguimos ter uma visão mais detalhada das limas nos condutos e dos próprios condutos. Com isso dando ao cirurgião-dentista um resultado melhor e um planejamento mais preciso de seu tratamento.

Com base nesses resultados o DRP-bc se saiu bem principalmente pela facilidade que o profissional tem no manuseio do aparelho, aumentando a qualidade das imagens adquiridas. Mas com o passar dos testes, por se tratar de um protótipo, o material que foi utilizado para montagem acabou comprometendo um pouco a qualidade de algumas estruturas, principalmente a gaveta de inserção no filme que acabou sofrendo um pouco de avarias com o tempo de uso. Mas com o projeto impresso em ABS espera-se que seja resolvido esses problemas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um projeto completo de um digitalizador de radiografias periapicais que pode ser acoplado à os diversos tipos de smartphones. O projeto mecânico foi desenvolvido completamente do zero, pois não havia no mercado, algo que pudesse suprir essa demanda que fosse além de tudo, barato. O circuito eletrônico foi projetado de forma a preencher os requisitos mínimos para o funcionamento, de modo que qualquer pessoa pudesse reproduzir sem grandes dificuldades, facilitando assim a replicação do produto.

Com isso o trabalho visou contribuir para a melhoria no funcionamento das clínicas odontológicas e para uma melhor manipulação de imagens radiográficas, oferecendo uma enorme gama de atividades, principalmente aqueles que envolvam medidas de parâmetros, brilho e contraste, zoom, definição de imagem entre outros. Comparando-se a imagem digitalizada com a radiografia convencional, verificou-se grande qualidade de definição da imagem, quanto da identificação de estruturas. Entretanto, vale ressaltar que o DRP-bc, não elimina o processo de revelação/fixação em câmara escura, mas facilita o armazenamento e organização em um discos rígidos ou em armazenamentos virtuais, além de facilita o acesso aos arquivos.

Uma dificuldade que pode ocorrer é quanto a única variável para digitalização entra em ação, no caso o *smartphone*, na aquisição imagens, a enorme variação de modelos no mercado pode resultar em alguns casos no não encaixe apropriado ao DRP-bc, como outros podem gerar pequenas distorções na imagem por conta do posicionamento da câmera e a abertura focal da mesma, com isso, não disfrutando de todo o potencial que o DRP-bc pode oferecer.

Após essa explanação pode-se afirmar que o DRP-bc pode ser um uma alternativa simples e barata para os cirurgiões-dentistas que pensam em migrar para um modelo digital mas que ainda não tem recursos financeiros suficiente para adquirir aparelhos totalmente digitais ou para aqueles que queiram testar a experiência de armazenar e manipular suas radiografias em formatado digital e buscam uma alternativa barata. Vale ressaltar que o DRP-br, se posiciona como um equipamento de entrada para o mundo digital não substituindo equipamentos digitais hoje disponíveis no mercado.

REFERÊNCIAS

- (01) BOTELHO, Tessa de Lucena; MENDONÇA, Elismauro Francisco de; CARDOSO, Lázara LM. Contribuição da radiologia digital na clínica odontológica. 2003.
- (02) BROCCA, Paulo Cardoso. Distância focal. **fandom.com**. Disponível em <https://pauloacbj.fandom.com/pt-br/wiki/Dist%C3%A2ncia_focal >, Página visitada em, 12 abril, 2020.
- (03) CAMPOS, Paulo Sérgio Flores et al. Impacto da Introdução do computador no diagnóstico por imagens. **Revista da Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo**, v. 5, n. 2, p. 126-132, 1998.
- (04) COWEN, A. R.; WORKMAN, A.; PRICE, J. S. Physical aspects of photostimulable phosphor computed radiography. **The British journal of radiology**, v. 66, n. 784, p. 332-345, 1993.
- (05) DE OLIVEIRA, Matheus Lima et al. Effect of combined digital imaging parameters on endodontic file measurements. **Journal of endodontics**, v. 38, n. 10, p. 1404-1407, 2012.
- (06) ESCARPINATI, Mauricio Cunha. **Desenvolvimento de um sistema computacional para utilização em procedimentos de controle de qualidade em equipamentos mamográficos**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- (07) FONSÊCA, Graciela Soares et al. Aspectos legais da utilização do prontuário digital na odontologia. **RBOL-Revista Brasileira de Odontologia Legal**, v. 1, n. 1, 2014.
- (08) GONÇALVES, Patricia Elaine; DOTTA, Edivani Aparecida Vicente; SERRA, Mônica da Costa. Imageologia na odontologia e aspectos legais. **RGO. Revista Gaúcha de Odontologia**, p. 89-95, 2011.
- (09) GORACCI, Cecilia et al. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: a systematic review of the clinical evidence. **European journal of orthodontics**, v. 38, n. 4, p. 422-428, 2016.

(10) HAITOR, F. et al. Estágio atual da radiografia digital. **Associação Brasileira de Radiologia Odontológica de Brasília**, v. 1, n. 3, p. 01-06, 2000.

(11) HOLANDA, Daniele Assunção de; MELLO, Victor Villaça Cardoso de; ZIMMERMANN, Rogério Dubosselard. Documentação digital em odontologia. **Odontologia Clínico-Científica (Online)**, v. 9, n. 2, p. 111-113, 2010.

(12) JOSÉ, Ednilson; DOS REIS, Dalton Solano. **Implementação de um Ambiente para Modelagem de Objetos 3D com uso de Sweeping**. 2001. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU.

(13) KREICH, Eliane Maria et al. Imagem digital na Odontologia. **Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 11, n. 3, 2005.

(14) LFP, Rodrigo. Olhar fotográfico. **Wordpress**. 2015. Disponível em <https://rlfproducoes.wordpress.com/2015/05/18/lentes_distanciafocal/>, Página visitada em, 12 abril, 2020.

(15) LIMA, Synésio Alves de et al. A informática nos consultórios. **Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent**, p. 423-30, 1998.

(16) MACHADO, André Wilson; SOUKI, Bernardo Quiroga. Simplificando a obtenção e a utilização de imagens digitais: scanners e câmeras digitais. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v. 9, n. 4, p. 133-156, 2004.

(17) MACHADO, André Wilson; SOUKI, Bernardo Quiroga; MAZZIEIRO, Ênio Tonani. Avaliação de quatro métodos de visualização de imagens digitais em Odontologia. **Revista Odonto Ciência**, v. 21, n. 52, p. 132-138, 2006.

(18) MACHADO, Gerson Braga et al. Odontologia em imagens. **Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent**, p. 218-28, 1996.

(19) NEMES, Ana. Educação e desenvolvimento: " Fotografia: diafragma e obturador, os olhos da câmera ". 2011. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/8354-fotografia-diafragma-e-obturador-os-olhos-da-camera.htm>>. Acesso em: jan. 2020.

(20) NETO, Tarcísio de Souza. **Protótipo para tratamento de imagens faciais raster 2d, para gerar a imagem 3d**. 2001. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU.

(21) NOVELLI, MD. Sistema óptico para diagnóstico. **Rev. Bras Inform Saúde**. 1993.

(22) OLIVEIRA, J.R. et al. Diagnóstico digital do sorriso – relato de caso. **Revista Gestão & Saúde**, v. 15, n. 1, p. 18 -26, 2016.

(23) VELHO, Luiz. Computação Gráfica: Imagem. Sociedade Brasileira de Matemática. Rio de Janeiro, 1994.

(24) ZILIO, Sérgio Carlos. Desenho e Fabricação Óptica. **Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica**, IFSC. Disponível em< <http://www.fotonica.ifsc.usp.br/>>, Página visitada em v 24, 2006.

ANEXO A – CONFIRMAÇÃO DE SUBMISSÃO DO ARTIGO

Alan de Paula Lima,

Agradecemos a submissão do trabalho "DESENVOLVIMENTO DE UM DIGITALIZADOR DE RADIOGRAFIAS PERIAPICAIS DE BAIXO CUSTO" para a revista Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo.

Acompanhe o progresso da sua submissão por meio da interface de administração do sistema, disponível em:

URL da submissão:

<http://publicacoes.unicid.edu.br/index.php/revistadaodontologia/author/submission/947>

Login: alanlima80

Em caso de dúvidas, entre em contato via e-mail.

Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de compartilhar seu trabalho.

Claudio Froes Freitas

Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo

Revista da Odontologia

<http://publicacoes.unicid.edu.br/index.php/revistadaodontologia>