FERNANDO IGAI

**Análise comparativa da acurácia de modelos impressos, obtidos
a partir de escaneamento intra-oral**

São Paulo
2018

FERNANDO IGAI

**Análise comparativa da acurácia de modelos impressos, obtidos
a partir de escaneamento intra-oral**

Versão Original

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas para obter o título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Prótese Dentária

Orientador: Prof. Dr. Pedro Tortamano Neto

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Igai, Fernando.

Análise comparativa da acurácia de modelos impressos, obtidos a partir de escaneamento intra-oral / Fernando Igai ; orientador Pedro Tortamano Neto. -- São Paulo, 2018.

178p. : fig., tab., ; 30 cm.

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas. Área de Concentração: Prótese Dentária. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão original

1. Modelos dentários. 2. Impressão tridimensional. 3. Materiais para moldagem odontológica. 4. Precisão da medição dimensional. I. Tortamano Neto, Pedro. II. Título.

Igai F. Análise comparativa da acurácia de modelos impressos, obtidos a partir de escaneamento intra-oral. Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em: / /2018

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

À minha mãe,

Que dedicou a sua vida na minha criação e do meu irmão Fabrício Igai.

Que sacrificou a sua vida pessoal para que pudéssemos realizar os nossos sonhos e metas, nos estimulando a buscar sempre mais.

Que me apoiou nos momentos mais difíceis da minha vida.

Que ensinou que a vida é difícil, mas que com muito esforço e dedicação é possível vencer todos os desafios.

Eu dedico este trabalho a você.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao meu orientador Pedro Tortamano Neto, que sempre confiou no meu trabalho e que se tornou um amigo. Suas opiniões enriqueceram a minha Tese e seu apoio nas horas difíceis foram decisivos para a conclusão deste Doutorado.

Ao meu amigo Washington Steagall Junior, que sempre ajudou na condução dos meus estudos e pesquisas na área acadêmica e que brindou a minha vida com a sua amizade sincera.

Ao meu amigo Luan Medeiros, que eu tive o prazer de conhecer durante o meu Doutorado, que ajudou de maneira muito significativa na condução desta Tese, com uma competência somente comparável à sua simpatia e disposição.

Ao meu irmão Fabricio Igai, que é o meu grande amigo, companheiro, conselheiro e que sempre esteve presente nos momentos bons e ruins da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Aos professores do departamento de Prótese Dentária da FOU SP pela cordialidade e receptividade.

Aos meus professores Claudio Luis Sendyk, Fernando da Cunha Ribeiro, Ivo Contin, José Antonio Lupi da Veiga, Matsuyoshi Mori e Tomie Toyota de Campos, da disciplina de Prótese Fixa, pela companhia, conselhos e ensinamentos.

Às funcionárias do departamento de Prótese Dentária pela ajuda, apoio e amizade.

Às funcionárias Vânia e Glauci da biblioteca, pelo auxílio na formatação deste trabalho.

Ao meu amigo Diego Gamba, pela grande ajuda na execução da parte experimental deste estudo

Ao Júlio Yamanochi, dono do laboratório Júlio, por ter aberto as portas do seu laboratório para a condução da parte experimental deste estudo.

Ao técnico em Prótese Dentária Davidson Monteiro de Souza, do laboratório Júlio, pelo seu esforço e dedicação na confecção dos modelos utilizados neste estudo.

Ao Mauricio Pesce Gomes da Costa, da DOC Digital, por ter disponibilizado a utilização da impressora 3D utilizada no projeto piloto desta Tese.

Ao técnico em Prótese Dentária Moisés, da DOC Digital, pela confecção dos modelos utilizados no projeto piloto desta Tese.

À Rosangela Barrionuevo Silva, funcionária da Compass 3D, pela grande ajuda na execução da parte experimental deste estudo.

À Monique Bonfim, funcionária da Compass 3D, pela ajuda nos contatos com os funcionários do escritório em Belo Horizonte.

À Renata Eller Costa Assis, coordenadora de serviços da Compass 3D, em Belo Horizonte, pela ajuda na impressão dos modelos.

Ao Rafael Araugio, consultor técnico da Compass 3D, pelo suporte nas especificações da impressora utilizada na parte experimental deste estudo.

À técnica Maria Cristina Falcão Curci Puraca, do departamento de Prótese Dentária da FOUSP, pelo auxílio na utilização dos equipamentos do laboratório.

Ao Lucas Calado, ex-estagiário da Mitutoyo Sul americana, pela ajuda na condução do projeto piloto desta Tese.

Ao Nelson da Cunha Pinto Filho e Ryoichi Yoshiki, funcionários da Mitutoyo Sul americana, pela grande ajuda na execução da parte experimental deste estudo.

À minha querida amiga Cindi Mie Uehara, pelo auxílio na condução do projeto piloto e pelas nossas conversas.

Ao meu amigo Luis Ide, pela troca de experiências sobre a minha carreira acadêmica e sua amizade.

Ao meu amigo Márcio Katsuyoshi Mukai, professor do Departamento de Prótese Dentária da FOUSP, por todos os seus conselhos.

Aos amigos André Rolim, Caio Martins, Elizete Freitas, Luciana Gutierrez, Leandro Oliveira Alves, Mauren Rika Tabata Arai, Pedro Américo Souza Alves e Patricia Iwamoto, estagiários da disciplina de Prótese Fixa, pela companhia agradável em todos estes anos de permanência aqui na FOUSP.

Aos meus amigos de pós graduação, Ivan Ricardo Garcia Merino, Lauren Bohner e Mayra Vasques, por termos dividido experiências, conversas e conselhos.

*“Ninguém pode voltar atrás e fazer um novo começo.
Mas qualquer um pode recomeçar e fazer um novo fim.”*

Francisco de Paula Cândido Xavier

RESUMO

Igai F. Análise comparativa da acurácia de modelos impressos, obtidos a partir de escaneamento intra-oral [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Original.

A confecção de trabalhos protéticos em um fluxo digital é possível a partir do escaneamento intra-oral e confecção da Prótese via CAD/CAM. A tecnologia atual de impressão 3D permite a obtenção de um modelo impresso, para a realização de determinados procedimentos. Entretanto, é necessário analisar e comparar estes modelos com os modelos de gesso, uma vez que existe uma diferença significativa na forma de obtenção, assim como, nos custos de cada tipo de modelo. O presente estudo teve como objetivo realizar uma análise da acurácia entre modelos impressos, obtidos por meio de escaneamento intra-oral e impressão 3D, e modelos de gesso obtidos pelo método de moldagem convencional. Foi utilizado um manequim odontológico como modelo mestre e foram confeccionados dez modelos de gesso (n= 10), pela técnica de moldagem da dupla impressão com silicone de adição. Foram utilizados dois tipos de escâneres intra-orais e dois tipos de impressoras 3D, que formaram quatro grupos experimentais com dez modelos por grupo (n= 10). Os modelos físicos de gesso e impressos foram comparados com o modelo mestre por meio de análises de medições lineares em seis sítios de medições, com o uso de uma máquina de medição por imagem (Quick Scope, Mitutoyo®). A análise dos modelos impressos incluiu as possíveis interações entre os fatores principais tipo de impressora, tipo de escâner e sítios de medições. Os resultados mostraram que em relação ao modelo mestre, no geral, as discrepâncias dos modelos de gesso foram menores que as discrepâncias dos modelos impressos. A análise das interações dos fatores principais indicou que o tipo de impressora exerceu a maior influência na acurácia dos modelos impressos, seguido do fator sítio de medição e tipo de escâner. Pôde-se concluir que os modelos de gesso apresentaram uma acurácia superior quando comparados com os modelos impressos. O acabamento superficial dos modelos impressos exerceu influência na sua acurácia.

Palavras-chave: Modelos dentários. Impressão Tridimensional. Materiais para moldagem odontológica. Precisão da Medição Dimensional.

ABSTRACT

Igai F. Comparative analysis of the accuracy of printed casts, obtained from intraoral scanning [thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Original.

The preparation of prosthetic restoration in a digital flow is possible using intraoral scanning and confection of the prosthesis via CAD/CAM. The current 3D printing technology allows the making of a printed cast, for performing certain laboratory procedures. However, it is necessary to analyze and compare these casts with the gypsum casts, since there is a significant difference in the form of obtaining, as well as, in the costs of each type of cast. The objective of the present study was to perform a comparative study of the accuracy of printed casts, obtained through intraoral scanning and 3D printing, and gypsum casts, obtained through the conventional impression. A dental mannequin was used as the master model and ten gypsum casts (n=10) were obtained, using double impression technique with polyvinyl siloxane. Two types of intraoral scanners and two types of 3D printers were used, which formed four experimental groups with ten models per group (n=10). The real gypsum and printed casts were compared to the master model by linear measurements in six sites, using an image-measuring machine (Quick Scope, Mitutoyo®). The analysis of the printed models included possible interactions between the factors type of printer, type of scanner and measurement sites. The results showed that, in relation to the master model, in general, the discrepancies of the gypsum casts were smaller than the discrepancies of the printed casts. The interactions of the factors analysis indicated that the type of printer exerted the greatest influence on the accuracy of the printed casts, followed by the site measurement and type of scanner. It was conclude that the gypsum casts presented superior accuracy when compared to the printed casts. The surface finish of the printed casts exerted influence in its accuracy.

Keywords: Dental models. Three-dimensional printing. Dental Impression Materials. Dimensional Measurement Accuracy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1 - Modelo mestre (manequim odontológico P Oclusal)	73
Figura 4.2 - Alívio de cera na região de interesse	74
Figura 4.3 - Regiões de ausência de alívio da moldeira	75
Figura 4.4 - Moldeira concluída com detalhes da sua região interna, após a aplicação do adesivo para silicones.....	75
Figura 4.5 - Alívio de filme de PVC posicionado sobre o modelo mestre	76
Figura 4.6 - Moldagem com o silicone pesado	77
Figura 4.7 - Aspecto do molde de silicone pesado após a remoção do modelo mestre	77
Figura 4.8 - Inserção do silicone de maior fluidez sobre o modelo mestre e molde de silicone pesado	78
Figura 4.9 - Moldagem com o material de maior fluidez	78
Figura 4.10 - Comparação das moldagens. A: moldagem com o silicone pesado e o alívio com o filme de PVC; B: moldagem com o silicone de maior fluidez, mostrando a maior riqueza de detalhes	79
Figura 4.11 - Barreira distal. A: visão oclusal; B: visão posterior	79
Figura 4.12 - Espatuladora à vácuo.....	80
Figura 4.13 - Manipulação do gesso. A: inclusão da água no pote da manipuladora à vácuo; B: Inclusão do gesso no pote da manipuladora a vácuo; C: manipulação manual por trinta segundos; D: Manipulação do gesso na manipuladora à vácuo; E: aspecto do gesso após manipulação à vácuo	81
Figura 4.14 - Inserção do gesso dentro do molde duplicador	81
Figura 4.15 - Modelo de gesso finalizado	82
Figura 4.16 - Escâner intra-oral Trios	83
Figura 4.17 - A: Escâner Omnicam; B: detalhe do teclado de operação do escâner; C: detalhe da ponta ativa do escâner.....	83

Figura 4.18 - Estratégia de escaneamento. A: Início do escaneamento pelas faces oclusais; B: continuação do escaneamento pelas faces vestibulares; C: Finalização do escaneamento pelas faces palatinas	84
Figura 4.19 - Impressora Miicraft 125 series.....	85
Figura 4.20 - 1: Visão interna da impressora; 2: Visão interna da impressora em detalhes. A: base móvel superior; B: base inferior fixa e a cuba com a resina líquida	86
Figura 4.21 - Incidência da luz Ultra violeta no processo de impressão do modelo. A: detalhe da incidência de luz Ultra violeta na confecção dos modelos, conforme o momento da impressão na programação do software (B)	87
Figura 4.22 - Modelo impresso concluído (impressora Miicraft125 series)	88
Figura 4.23 - Impressora Eden 500V	88
Figura 4.24 - Princípio de funcionamento da impressora 3D, com a polimerização da resina líquida com luz ultra violeta. A: plataforma de impressão; B: reservatório de resina; C: Feixe de luz ultravioleta	89
Figura 4.25 - Impressão de múltiplos modelos	90
Figura 4.26 - Modelo impresso concluído (impressora Eden 500V)	90
Figura 4.27 - M1: distância entre a face vestibular do elemento 17 e a face vestibular do elemento 27	92
Figura 4.28 - M2:distância entre a parede distal da face vestibular dos elementos 13 e 23	92
Figura 4.29 - M3: distância entre a face distal do elemento 17 e face mesial do elemento 13.....	93
Figura 4.30 - M4: distância linear da altura da cúspide méso vestibular do elemento dental 16.....	93
Figura 4.31 - M5: altura do preparo do dente 21	94
Figura 4.32 - M6: largura méso distal do preparo do dente 21	94
Figura 4.33 - Máquina de medição Quick Scope	95
Figura 4.34 - Mesa de coordenadas e a câmera de captura de imagens	96
Figura 4.35 - Iluminação da Quick Scope. A: luz anelar; B: luz coaxial	96

Figura 4.36 - Ferramenta de medição semi - círculo de três pontos: A: pontos de medição (pontos verdes); B: campo de abrangência.....	98
Figura 4.37 - Sequência do princípio de medição linear das regiões de interesse. A: definição do campo de abrangência; B: círculo virtual ao redor dos pontos de medição; C: definição do ponto mais externo (ponto preto); D: definição da distância linear entre os dois pontos	99
Figura 4.38 - Posicionamento do Modelo mestre para as medições dos sítios de medição 1, 2 e 3.....	100
Figura 4.39 - Sítio de medição 1 no modelo mestre. A: face vestibular do elemento 17; B: face vestibular do elemento 27	100
Figura 4.40 - Sítio de medição 2 no modelo mestre. A: parede distal da face vestibular do elemento 3; B: parede distal da face vestibular do elemento 23.....	101
Figura 4.41 - Sítio de medição 3 no Modelo mestre. A: Face Distal do elemento 17; B: Face Mesial do elemento 13	101
Figura 4.42 - Posicionamento do modelo mestre para a medição do sítio de medição 4.....	102
Figura 4.43 - Sítio de medição 4. A: porção mais alta da face oclusal da cúspide vestibular do elemento 16; B: região cervical do elemento 16.....	102
Figura 4.44 - Posicionamento do modelo mestre para as medições dos sítios de medições 5 e 6.....	103
Figura 4.45 - Sítio de medição 5. A: borda incisal do preparo do dente 21; B: Região cervical do dente 21	103
Figura 4.46 - Sítio de medição 6. A: Parede axial mesial do preparo do dente 21; B: Parede axial distal do preparo do dente 21	104
Figura 5.1 - Gráfico com as médias das discrepâncias dos sítios de medições do grupo experimental 1, em relação ao modelo mestre	117
Figura 5.2 - Gráfico com as médias das discrepâncias dos sítios de medições do grupo experimental 2, em relação ao modelo mestre	119
Figura 5.3 - Gráfico com as médias das discrepâncias dos sítios de medições do grupo experimental 3, em relação ao modelo mestre	120
Figura 5.4 - Gráfico com as médias das discrepâncias dos sítios de medições do grupo experimental 4, em relação ao modelo mestre	122

Figura 5.5 - Gráfico com as médias das discrepâncias dos sítios de medições do grupo experimental 5, em relação ao modelo mestre	123
Figura 5.6 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95% dos valores médios de discrepância do fator principal Escâner	125
Figura 5.7 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95% dos valores médios de discrepância do fator principal Impressora.....	126
Figura 5.8 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95% dos valores médios de discrepância do fator principal Sítio	127
Figura 5.9 - Gráfico da Interação dos fatores Escâner e Impressora	127
Figura 5.10 - Gráfico da Interação dos fatores Escâner e Sítio.....	128
Figura 5.11 - Gráfico da Interação dos fatores Impressora e Sítio	128
Figura 5.12 - Gráfico ilustrativo dos intervalos de confiança de 95% da Interação de 3 fatores (Escâner, Impressora e Sítio)	129
Figura 5.13 - Gráfico das interações entre Escâner*Impressora para cada Sítio	132
Figura 5.14 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o sítio M1	133
Figura 5.15 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o sítio M2.....	134
Figura 5.16 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o sítio M3.....	135
Figura 5.17 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o sítio M4.....	136
Figura 5.18 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o sítio M5.....	137
Figura 5.19 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o sítio M6.....	138
Figura 5.20 - Gráfico das interações entre Escâner*Sítio para cada Impressora.....	141

Figura 5.21 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para a impressora Eden 500V	143
Figura 5.22 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para a impressora Miicraft 125 series.....	144
Figura 5.23 - Gráfico das interações entre impressora*sítio para cada Escâner	147
Figura 5.24 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o escâner Omnicam	149
Figura 5.25 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o escâner Trios	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Subdivisão das situações experimentais	109
Tabela 5.1 - Parâmetros estatísticos e análise descritiva, dos dados experimentais a partir dos valores absolutos.....	114
Tabela 5.2 - Parâmetros estatísticos e análise descritiva, dos dados experimentais de discrepância (valor absoluto do grupo experimental – valor absoluto da referência)	115
Tabela 5.3 - Testes T para uma amostra, para os grupos experimentais	116
Tabela 5.4 - Análise de variância de um fator (sítios de medições), para o grupo G1	118
Tabela 5.5 - Análise de variância de um fator (sítios de medições), para o grupo G2	119
Tabela 5.6 - Análise de variância de um fator (sítios de medições), para o grupo G3	121
Tabela 5.7 - Análise de variância de um fator (sítios de medições), para o grupo G4	122
Tabela 5.8 - Análise de variância de um fator (sítios de medições), para o grupo G5	124
Tabela 5.9 - Análise de variância de três fatores (tipo de escâner/tipo de impressora/sítio de medição), dos dados obtidos de discrepância para os grupos G1, G2, G3 e G4.....	125
Tabela 5.10 -Análises de Variância de dois fatores (escâner*impressora), para cada sítio de medição (M1, M2, M3, M4, M5 e M6). Variável dependente: Discrepância. Unidade=Milímetros (mm).....	131

Tabela 5.11 -Testes de Tukey para as médias experimentais, para cada sítio	132
Tabela 5.12 -Análises de Variância de dois fatores (escâner*sítio), para cada Impressora (Eden 500v e Miicraft 125 series). Variável dependente: Discrepância. Unidade=Milímetros (mm)	140
Tabela 5.13 -Testes de Tukey para as médias experimentais, para cada impressora	142
Tabela 5.14 -Análises de Variância de dois fatores (impressora*sítio), para cada escâner (Trios e Omnicam). Variável dependente: Discrepância. Unidade=Milímetros (mm)	146
Tabela 5.15 - Teste de Tukey para as médias experimentais, para cada escâner .	148
Tabela 5.16 - Coeficiente de repetibilidade (95%), para cada grupo experimental em cada sítio de medição (M1, M2, M3, M4, M5 e M6)	152

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de variância
CAD/CAM	Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing
CR	Coeficiente de Repetibilidade
Co.	Company
EUA	Estados Unidos da America
h_0	Hipótese nula
IC	Intervalo de confiança
ICs	Intervalos de Confiança
Inc.	Incorporation
Ind.	Indústria
Ltda.	Limitada
LED	Diodo emissor de Luz
mm	Milímetros
STL	Standard Tessellation Language
VAS	Visual Analogue Scale

LISTA DE SÍMBOLOS

®	Marca registrada
×	Versus
	Módulo
=	Igual
>	Maior
<	Menor
%	Porcentagem
#	Número

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	33
2	REVISÃO DE LITERATURA	35
3	PROPOSIÇÃO	71
4	MATERIAL E MÉTODOS	73
5	RESULTADOS.....	113
6	DISCUSSÃO.....	155
7	CONCLUSÕES.....	171
	REFERÊNCIAS.....	173

1 INTRODUÇÃO

O sucesso do tratamento protético reabilitador depende, dentre muitos fatores, da passividade e adaptação da prótese confeccionada. Esta condição depende da precisão e fidelidade do modelo no qual será confeccionada a prótese, dentre outros. Se o cirurgião dentista confecciona um modelo fiel à situação clínica do paciente, o técnico em prótese dentária será capaz de confeccionar um trabalho protético com maior segurança e proporcionar um tratamento mais duradouro e previsível, por meio de uma prótese bem adaptada, passiva e condizente com as informações transmitidas pelo modelo de trabalho.

É claro que para proporcionar um modelo de trabalho de qualidade, o cirurgião dentista dispõe de inúmeros recursos, podendo utilizar materiais de moldagens de última geração e técnicas operatórias que aperfeiçoam o processo, diminuindo os riscos de intercorrências na obtenção dos modelos de trabalhos.

Com o avanço da tecnologia os trabalhos protéticos podem ser realizados em fluxo digital, baseados em modelos digitais, manipulados em um ambiente virtual, obtidos por escâner de bancada que realiza o escaneamento do modelo de gesso. Este protocolo de trabalho proporciona uma previsibilidade ainda maior, uma vez que o trabalho protético é planejado e confeccionado com a utilização da tecnologia CAD/CAM, aumentando ainda mais a rapidez, confiabilidade e previsibilidade do trabalho.

Atualmente o advento dos escâneres intra-orais possibilitou a realização do escaneamento do caso diretamente na boca do paciente, o que suprimiu a necessidade da obtenção de um modelo de gesso para posterior escaneamento com o escâner de bancada. O escaneamento intra-oral facilitou a troca de informações, uma vez que não existe a necessidade do envio de um modelo físico para a realização do trabalho protético. Outro fator interessante é a forma de armazenamento do caso clínico, que por se tratar de um arquivo digital, não demanda um espaço físico para guardar os modelos de trabalho, facilitando o processo.

Entretanto, mesmo em um fluxo digital de confecção de uma prótese, pode existir a necessidade de se obter um modelo físico, que permita ao dentista executar

determinados passos laboratoriais ou clínicos. Os planejamentos utilizando o escaneamento intra-oral geram modelos digitais, que podem ser manipulados no computador. Porém, este tipo de fluxo de trabalho não fornece um modelo físico, uma vez que o planejamento foi feito de maneira digital.

A tecnologia atual em impressão 3D permite a aplicação desta metodologia na Odontologia, com a impressão do arquivo digital, gerando um protótipo, ou modelo físico, obtido a partir do escaneamento. O custo de um modelo impresso ainda é elevado, o que impede a sua larga aplicação. Com a diminuição dos custos de fabricação, dos insumos e dos equipamentos e aceitação por parte dos profissionais o custo dos modelos impressos diminuirá, tornando-os mais competitivos. Outro fator que deve ser levado em consideração é a acurácia deste tipo de modelo, já que o modelo de gesso apresenta uma aplicação muito bem conhecida e consagrada, dentro de suas características.

O modelo impresso deve ser analisado, para verificar se o seu custo mais elevado é justificado por um modelo tão ou mais confiável que o modelo de gesso.

Portanto, é necessário realizar estudos para verificar a acurácia deste tipo de modelo, comparando-o com o modelo de gesso obtido de maneira convencional.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção teve o objetivo de analisar os artigos encontrados na literatura que basearam a metodologia deste estudo, sendo dividida em tópicos para facilitar o entendimento dos assuntos pesquisados.

2.1 Estudos sobre acurácia de modelos virtuais, obtidos a partir de modelos físicos

Bell et al. (2003) estudaram a acurácia de modelos digitais 3D obtidos a partir de modelos físicos de gesso. Vinte e dois modelos de gesso foram selecionados para o estudo. Os modelos foram digitalizados utilizando uma técnica fotoestereométrica, que filmou os modelos utilizando duas câmeras para obter a imagem 3D. Estas imagens foram transformadas em modelos digitais 3D utilizando o programa C3D-builder (Universidade de Glasgow), que foram comparados com os modelos físicos. Os resultados mostraram que a diferença média entre as medições nos modelos de gesso e nos modelos 3D foram de 0,27mm. Esta diferença está dentro dos limites de erro do operador (0,10 até 0,48mm) e não foram estatisticamente significantes. Este estudo mostrou que é possível utilizar as imagens 3D para armazenamento de modelos de estudo e pesquisa, com acurácia aceitável.

Brawek et al. (2013) realizaram um estudo clínico para analisar a adaptação marginal de coroas protéticas confeccionadas exclusivamente pelo método CAD/CAM, utilizando dois tipos de sistemas. Foram realizados preparos para coroas protéticas em treze molares e um pré molar, de quatorze pacientes. Cada preparo foi escaneado com os sistemas Lava COS (3M, Alemanha) e Cerec AC (Sirona, Alemanha), utilizando para a confecção das coroas o sistema Lava DVS crown (DVS) e Vita Rapid layering (RLT), respectivamente. A adaptação marginal e interna de cada coroa foi analisada pelo método da técnica de réplica, que consiste na análise do desajuste por meio da visualização da “película cimentante”, obtida após a “cimentação” utilizando silicone leve. Estas réplicas foram analisadas por um microscópio com aumento de 200 vezes. Os resultados indicaram que ocorreram

diferenças significativas entre os dois sistemas nas regiões áxio-oclusal, centro-oclusal e marginal. Os autores concluíram que apesar de existirem diferenças significativas entre os dois sistemas avaliados, ambos foram equivalentes e apresentaram resultados de adaptação marginal clinicamente satisfatórios e abaixo do limite tolerável de 120 μ m.

Su e Sun (2015) analisaram a acurácia entre o escaneamento intra-oral e o escaneamento de bancada, utilizando o programa Geomagic Qualify 12 (Raindrop Geomagic Inc., EUA) para realizar as análises. Foi utilizado um manequim odontológico de uma maxila (Nissin, Japão) como modelo mestre. Neste manequim foram realizados preparos em alguns elementos dentários para simular cinco situações clínicas. A situação 1 utilizou um incisivo central superior preparado. A situação 2 utilizou um primeiro molar superior preparado. A situação 3 utilizou um incisivo central e um canino preparados com o incisivo lateral ausente. A situação 4 utilizou um hemi-arco com todos os elementos preparados. A situação 5 utilizou a maxila com todos os elementos preparados. Cada situação clínica descrita foi escaneada dez vezes com o escâner intra-oral Trios (3shape, Dinamarca) (grupo teste) e o escâner de bancada D800 (3shape, Dinamarca) (grupo controle), totalizando cem arquivos de extensão STL. Os arquivos foram analisados com o programa Geomagic Qualify 12, a fim de analisar a repetibilidade de cada processo. Os resultados mostraram os desvios 3D de 13,33 μ m, 7,0 μ m, 16,33 μ m, 41,56 μ m e 88,44 μ m para as situações 1 a 5, respectivamente, para o grupo teste e 14,89 μ m, 8,67 μ m, 24,33 μ m, 14,22 μ m, 12,67 μ m para as situações 1 a 5, respectivamente, para o grupo controle. Ocorreram diferenças significativas entre o grupo teste e controle em relação às situações 2 a 5. Os autores concluíram que a acurácia do escâner intra-oral diminuiu quando se aumentou a área de escaneamento. A acurácia foi clinicamente aceitável quando a área de escaneamento foi menor que meia arcada. A acurácia do escâner de bancada foi aceitável em qualquer área de escaneamento analisada.

Vandeweghe et al. (2015) analisaram a acurácia de diferentes escâneres odontológicos. Um modelo de resina acrílica foi digitalizado por um escâner do tipo micro CT (tomografia micro computadorizada) e o arquivo digital foi considerado como o modelo de referência. Foram obtidos cinco modelos de gesso a partir da moldagem do modelo de referência. Cada modelo de escâner de bancada Imetric D104i (Imetric),

LavaST (3M ESPE), Smart Optics Activity (Smart Optics), Kavo Everest (Kavo Dental) realizou cinco escaneamentos do modelo de resina e um escaneamento de cada modelo de gesso, para analisar a semelhança e a repetibilidade de cada escâner. As imagens foram sobrepostas para analisar as possíveis diferenças. Os resultados mostraram que com exceção do escâner Smart optics, não existiram diferenças significativas na semelhança com o modelo mestre de resina. Para os modelos de gesso o escâner LavaST teve um desempenho melhor que o escâner Imetric, que foi melhor que o escâner Kavo. O escâner Smart Optics demonstrou o maior desvio. Os escâneres demonstraram maior semelhança para o modelo de resina acrílica que para o modelo de gesso, com exceção do escâner Lava ST. Este escâner foi significativamente mais preciso que os outros escâneres. Imetric e o Smart Optics também demonstraram um grau de repetibilidade maior que o escâner Kavo. Todos os escâneres apresentaram um grau de erro. O autor concluiu que a menor acurácia observada nos modelos de gesso deve-se ao fato de uma maior dificuldade no escaneamento, devido a superfície mais rugosa ou às alterações durante o processo de fabricação dos modelos de gesso.

Flugge et al. (2016) realizaram um estudo no qual analisaram a acurácia do escaneamento intra-oral e de bancada dos Scan bodies, para a confecção de próteses sobre implantes. Foram utilizados dois modelos de estudo obtidos a partir de moldagens convencionais, apresentando Scan bodies que variavam em número e posicionamento. Os modelos de estudo foram escaneados utilizando os escâneres intra-orais iTero (Cadent), Trios (3Shape), True Definition (3M ESPE) e o escâner de bancada D250 (3shape). Foram realizados dez escaneamentos com cada um dos escâneres, para estudar a repetibilidade. Foram medidas as distâncias e as angulações de cada scan body. Os valores de repetibilidade observados variaram de acordo com a distância entre cada scan body e com o tipo de escâner utilizado. O autor concluiu que a repetibilidade dos escâneres intra-orais comparados com o escâner de bancada, mostraram diferenças significativas. Foi observado que conforme a distância entre os Scan bodies aumentava, menor era a repetibilidade do escâner intra-oral. A repetibilidade do escâner de bancada não variou devido a distância dos Scan bodies.

Shimizu et al. (2017) analisaram a acurácia dos escâneres intraorais Cerec Omnicam (Sirona) e Trios (3Shape) e o escâner de bancada D810 (3Shape). O segundo objetivo do estudo foi realizar uma comparação na adaptação marginal de

coroas confeccionadas com a combinação escâner/confecção da coroa via CAD/CAM. Foi utilizado um modelo mestre de metal com um preparo para coroa total de um primeiro molar. O escâner D810 realizou o escaneamento do modelo mestre, que serviu de referência para os dois escâneres intra-orais. A estratégia de escaneamento intra-oral foi realizada de acordo com as especificações do fabricante, iniciando por uma das paredes axiais, seguindo pela face oclusal e terminando na parede axial oposta. O modelo mestre foi escaneado dez vezes por cada escâner. A confecção das coroas utilizou o sistema Cerec in lab 15 (Sirona) para o escâner Omnicam e o sistema Dental designer (3Shape) para o escâner de bancada. Na confecção das coroas utilizou-se uma película cimentante de 120µm ao redor de toda a coroa e na região da margem do preparo foi utilizado uma película de 0µm. A análise da adaptação marginal das coroas foi realizada medindo-se as regiões determinadas na parede axial do preparo e também na margem da restauração, utilizando um programa que analisou as distâncias no modelo CAD (Gom inspect, v. 8.0). Os resultados mostraram que a acurácia dos escâneres intra-orais e de bancada foram clinicamente aceitáveis, mas a adaptação das coroas confeccionadas utilizando os escâneres intra-orais foram inferiores em relação às coroas fabricadas com o escâner de bancada. O autor concluiu que em relação à semelhança das medidas obtidas no escaneamento, os escâneres intra-orais apresentaram diferenças significativas em relação ao escâner de bancada. A adaptação marginal das coroas projetadas pelas combinações escâner/programa CAD/CAM indicou diferenças significativas nas paredes axiais.

2.2 Estudos comparativos da acurácia dos métodos de moldagem convencional e digital

A obtenção de modelos de trabalho por meio de técnicas de moldagens convencionais apresenta diversos métodos eficientes e de protocolos conhecidos. A tecnologia atual permite a obtenção de modelos virtuais, que possibilitam o planejamento reabilitador de maneira eficiente e previsível. Também é possível realizar a confecção de um modelo físico, baseado nos dados do modelo virtual que foi obtido pelo escaneamento do caso realizado anteriormente. Existem trabalhos

encontrados na literatura que compararam estes métodos de obtenção de modelos físicos.

Ender e Mehl (2013) avaliaram a acurácia de o escâner de referência Infinite Focus Standard (Alicona Imaging, Áustria) e de dois métodos de moldagens: convencional e escaneamentos intra-oral de arco total. Um modelo mestre de aço foi escaneado com o escâner de referência. Para se medir a repetibilidade do escâner de referência, o modelo mestre foi escaneado cinco vezes numa mesma posição (eixos X, Y e Z). Para medir sua semelhança o modelo mestre foi escaneado com uma variação dos eixos X, Y e Z. Os arquivos obtidos foram sobrepostos ao arquivo escaneado na mesma posição (sem alteração do eixo X, Y e Z). Foi utilizado o programa de análise ILM software 3.5.0.1 (Alicona Imaging). Formaram-se dois grupos. Um grupo de moldagem convencional e o de moldagem digital. No grupo moldagem convencional, foram realizadas moldagens do modelo mestre para se obter modelos de gesso do tipo IV. Estes modelos de gesso foram escaneados com o mesmo escâner de referência e os modelos digitais obtidos foram utilizados para a realização das medições. No grupo moldagem digital, foram realizados escaneamentos do modelo mestre utilizando o escâner Cerec AC System (Sirona Dental Systems, Alemanha), e os modelos digitais foram medidos com o mesmo programa utilizado na análise do escâner de referência. Para analisar a acurácia do escâner e de cada método de moldagem, foram feitas as análises de semelhança e repetibilidade. Na análise da repetibilidade foram feitas as sobreposições dos modelos de cada grupo entre si e na análise da semelhança, os modelos de cada grupo foram sobrepostos ao modelo mestre. O escâner proporcionou uma alta acurácia, com repetibilidade de $1,6 \pm 0,6 \mu\text{m}$ e uma semelhança de $5,3 \pm 1,1 \mu\text{m}$. As moldagens convencionais mostraram uma acurácia significativamente maior que as moldagens digitais, com valores de repetibilidade de $12,5 \pm 2,5 \mu\text{m}$ e semelhança com valores de $20,4 \pm 2,2 \mu\text{m}$, com leves desvios na região do segundo molar. As moldagens digitais foram significativamente menos precisas, com uma repetibilidade de $32,4 \pm 9,6 \mu\text{m}$ e semelhança de $58,6 \pm 15,8 \mu\text{m}$. As moldagens digitais mostraram mais desvios em todo o arco escaneado. O novo escâner analisado é capaz de medir a acurácia dos processos de moldagem convencional e digital. As moldagens digitais se mostraram menos precisas, com diferentes padrões de desvios, quando comparados com as moldagens convencionais.

Flugge et al. (2013) realizaram um estudo sobre acurácia do escaneamento intra-oral, em condições clínicas, comparando com o escaneamento de bancada. Um paciente foi escaneado dez vezes utilizando o escâner intra-oral iTero (Align Technologies, EUA) e foi moldado utilizando o poliéter Impregum Penta (3M ESPE). Os modelos obtidos por meio da moldagem convencional foram escaneados dez vezes utilizando o escâner de bancada D250 (3shape) e o escâner iTero. Os modelos virtuais foram alinhados e tiveram as suas bordas ajustadas, criando modelos com bordas semelhantes, utilizando o programa Rapid form (Rapid form XOR, Inus Technologies). Foi realizado um segundo alinhamento ao longo das distâncias mais próximas. Para analisar a acurácia foram examinados as discrepâncias entre os modelos. Formaram-se três grupos sendo que o grupo 1 consistia nas medições obtidas pelo escaneamento intra-oral, o grupo 2 consistia nas medições obtidas pelo escaneamento do modelo de gesso com o escâner iTero e o grupo 3 consistia nas medições do modelo de gesso utilizando o escâner de bancada D250. Os resultados mostraram que a menor acurácia, ocorreu no grupo 1 com desvios médios de 50µm. O grupo 2 mostrou médias de desvio de 25µm e o grupo 3 mostrou a maior acurácia entre os grupos com desvios médios de 10µm. O autor concluiu que o escâner intra-oral iTero é menos preciso que o escâner de bancada D250. A utilização do escâner de bancada para o escaneamento do modelo de gesso mostrou uma acurácia maior que o escaneamento utilizando o escâner iTero, indicando que as variáveis clínicas influenciam de maneira negativa na acurácia. Entretanto, o escâner iTero pode ser utilizado para o planejamento e confecção de próteses sobre dentes e a utilização deste escâner de forma padronizada (protocolo de uso) melhora os resultados do escaneamento.

Wiranto et al. (2013) analisaram a acurácia de modelos digitais obtidos pelo escâner intra-oral Lava Chairside (3M ESPE, Alemanha), comparando com tomografias do tipo Cone Beam de modelos de gesso, avaliando a largura dos dentes. Foram obtidos de cada um dos vinte e dois pacientes um modelo digital, um escaneamento intra-oral e um modelo de gesso. As medições da largura dos dentes no modelo digital e nos escaneamentos intra-orais foram comparados com as medições obtidas no modelo de gesso, que serviu de grupo controle. Foi realizado um teste para analisar a confiança inter examinador, nas medições realizadas em cada método. Os resultados mostraram que a largura dos dentes nos modelos digitais e

nos escaneamentos intra-orais não apresentaram diferenças significativas em relação aos modelos de gesso. O autor concluiu que o método de escaneamento intra-oral e a tomografia Cone Beam dos modelos de gesso são métodos válidos, confiáveis e reprodutíveis para realizar medições de diagnóstico dos elementos dentais.

Guth et al. (2013) realizaram um estudo no qual analisaram a acurácia de três tipos de protocolos de digitalização de dados para a confecção de próteses pelo sistema CAD/CAM. Foram obtidos 12 arquivos digitais a partir de um modelo de referência (estudo *in vitro*) utilizando três protocolos de digitalização dos modelos. O primeiro utilizou o escâner intra-oral Lava *Chairside* (COS), o segundo realizou o escaneamento de moldes do modelo mestre obtidos com poliéter (IMP) e o terceiro método escaneou os modelos de gesso com o escâner de bancada Lava *Scan* ST (ST). Foi utilizado um programa de sobreposição de imagens, no qual os arquivos digitais foram sobrepostos aos dados de referência (REF), que foram obtidos por meio de uma tomografia computadorizada. Os resultados mostraram que, baseados nas discrepâncias médias positivas e negativas, o método de escaneamento intra-oral (COS) obteve os resultados mais precisos (COS, $+17\mu\text{m}/-13\mu\text{m} \pm 19\mu\text{m}$), seguido pelo escaneamento dos moldes de poliéter (IMP, $+23\mu\text{m}/-22\mu\text{m} \pm 31\mu\text{m}$) e escaneamento do modelo de gesso (ST, $+36\mu\text{m}/-35\mu\text{m}, \pm 52\mu\text{m}$). Os valores médios de discrepâncias negativas e valores absolutos para todos os grupos foram significativamente diferentes. Comparando os valores médios de discrepâncias positivas, IMP e COS não apresentaram diferenças significativas, enquanto que ST e COS e ST e IMP apresentaram diferenças significativas. O autor concluiu que o método de escaneamento intra-oral COS apresentou uma acurácia maior, quando comparado com o método convencional da moldagem e escaneamento do modelo de gesso.

Ng et al. (2014) realizaram um estudo comparativo entre a desadaptação marginal de coroas confeccionadas pelo método convencional e pelo método CAD/CAM. Foi utilizado um manequim do tipo Typodont (Frasaco, Alemanha) para a confecção de uma coroa de cerâmica pura. Este manequim foi escaneado e o seu arquivo digital serviu de referência para a fresagem de um modelo de Zircônia, que serviu de modelo mestre. Foram realizados escaneamentos do modelo mestre com o escâner D700 (3shape) e os arquivos STL foram utilizados para a confecção da coroa protética, a partir da oclusão com o arco antagonista, seu “enceramento digital” e o design da coroa definitiva. A partir deste projeto virtual foram confeccionadas quinze

coroas de Dissilicato de Lítio. Paralelamente, quinze coroas, também de Dissilicato de Lítio, foram confeccionadas com moldagem convencional. Foram realizadas medições em oito pontos distintos, sendo eles: faces mesial, distal, vestibular, palatina e os ângulos formados por estas faces (mesiolingual, mesiovestibular, distovestibular e distolingual). A desadaptação marginal foi medida a partir da determinação da margem do preparo até o começo da prótese, numa distância vertical. Foram realizadas 240 imagens nos dois grupos que mostraram uma desadaptação vertical média de $48,0 \pm 25 \mu\text{m}$ para o grupo das coroas confeccionadas digitalmente, que foi significativamente menores que as coroas confeccionadas da maneira convencional, com valores de desadaptação marginal de $74 \pm 47 \mu\text{m}$. O autor concluiu que as coroas confeccionadas de maneira totalmente digital mostraram uma melhor adaptação marginal que as coroas confeccionadas pelo método convencional.

Rhee et al. (2015) realizaram um estudo no qual compararam a acurácia de técnicas de moldagens convencionais e o escaneamento intra-oral por meio de sobreposição de imagens dos modelos digitais. Vinte e quatro pacientes foram selecionados para realizar o estudo. Foram realizados escaneamentos intra-orais com o escâner Trios mono cart (3Shape, Dinamarca) que serviram de grupo controle. Como grupo teste foram utilizados os modelos obtidos a partir de moldagens utilizando silicone de adição de arco total ou de arco duplo (superior e inferior). Foi utilizado um escâner de bancada (MyScan, Coréia do Sul) para realizar o escaneamento dos modelos de gesso. As diferenças tri dimensionais foram analisadas por meio de um mapa de cores do programa Geomagic Qualify 12.0 (Geomagic, EUA). Para realizar uma análise quantitativa tri dimensional das discrepâncias entre os modelos, foram selecionados quatro sítios de medições (cúspides vestibular e lingual dos pré-molares e molares). Para analisar as discrepâncias em duas dimensões, foi realizado uma secção da cúspide vestibular até a cúspide lingual do segundo pré-molar e molar. Foi observado também a discrepância na direção ocluso apical destes dentes. Os resultados mostraram que na análise do mapa de cores a maior discrepância ocorreu no escaneamento intra-oral e na moldagem dos arcos duplo. Na análise tri dimensional a maior discrepância observada foi entre o escaneamento intra-oral e a moldagem de arco duplo e a menor discrepância foi observada nas moldagens de arco total. Os autores concluíram que as discrepâncias de duas e três dimensões entre o escaneamento intra-oral e a moldagem de arco duplo foi maior que a moldagem de

arco total. O segundo pré molar apresentou uma discrepância maior que o segundo molar na análise tri dimensional.

Boeddinghaus et al. (2015) realizaram um estudo comparativo da desadaptação marginal de coroas protéticas confeccionadas a partir de três métodos de escaneamento intra-oral e um método de moldagem convencional. Foram selecionados 24 pacientes e 49 dentes foram preparados para receber coroas protéticas totais. Foram realizados os escaneamentos intra-orais utilizando três escâneres: Cerec AC Omnicam (OCam) (Sirona), Cara Trios (Heraeus) e Lava True Definition (TDef) (3M). Um modelo de gesso foi confeccionado a partir de uma moldagem convencional, utilizando o poliéter EXA'lence, (GC, Japão). Este modelo foi escaneado com a utilização de o escâner de bancada D700 (3Shape, Dinamarca). A partir dos arquivos digitais foram confeccionados quatro copings de Zircônia, por dente preparado. Os copings foram testados nos dentes do paciente por meio da técnica de réplica, que analisou o desajuste por meio da visualização da “película cimentante”, obtida pela “cimentação” utilizando silicone leve. A desadaptação marginal média foi de 88µm para o TDef, 112µm para o escâner Cara Trios, 113µm para o modelo de gesso escaneado pelo escâner de bancada e 149µm para o Ocam. O autor concluiu que a desadaptação marginal dos copings de Zircônia confeccionados baseados nos escaneamentos intra-orais e no escaneamento do modelo, são equivalentes entre si. O escaneamento intra-oral pode ser uma alternativa em relação à moldagem convencional, quando a linha de terminação é visível e pode se manter o campo operatório seco.

Ender e Mehl (2015) realizaram um estudo no qual avaliaram a acurácia dos métodos de moldagem convencional e digital usados para a obtenção de modelos de arco total, comparando com um modelo de referência. Foram utilizados oito métodos de moldagens (convencional e digital). Os materiais utilizados foram; POE: poliéter Impregum (3M ESPE, Alemanha), VSE: Polivinilsiloxano Identium (Kettenbach, Alemanha), VSES: Polivinilsiloxano escaneável Identium Scan (Kettenbach), e ALG: alginato Blueprint Cremix, (Dentsply, Alemanha). Os escâneres utilizados foram; CER: Cerec Bluecam (Sirona Dental Systems, Alemanha), OC: Cerec Omnicam (Sirona Dental Systems), ITE: Cadent iTero (Cadent, Israel), e LAV: Lava COS (3M ESPE). As moldagens foram realizadas sobre o modelo mestre, que apresentava as dimensões e características conhecidas. Foram realizadas medições lineares, que

analisaram a semelhança entre o modelo mestre e os modelos obtidos pelos métodos estudados. A repetibilidade foi estudada medindo-se as diferenças dos modelos em um determinado grupo teste. A semelhança variou entre 11,5µm (VSE) até 60,2µm (POE), e a repetibilidade variou de 12,3µm (VSE) até 66,7µm (POE). Entre os grupos teste, os grupos VSE, VSES, e CER obtiveram a maior semelhança e repetibilidade. Os métodos de moldagem convencional demonstraram maior repetibilidade dentre todos os grupos, exceto para o grupo ALG e POE. O autor concluiu que os métodos digitais e convencionais mostraram grandes diferenças na acurácia em relação à obtenção de modelos de arco total. Os métodos de moldagem digital, quando aplicados corretamente, proporcionam resultados clínicos excelentes.

Lee et al. (2015) realizaram um estudo no qual compararam a acurácia de modelos de gesso obtidos por método convencional de moldagem com modelos fresados, obtidos a partir de escaneamento com o escâner iTero (Cadent, EUA). Foram confeccionados 30 modelos de gesso e trinta modelos fresados a partir de um modelo mestre. Os modelos dos dois grupos e o modelo mestre foram escaneados com o escâner de bancada Lava Scan ST (3M ESPE, Alemanha) para a realização das comparações em 3D. Para realizar as medições volumétricas por sobreposição de imagens foram selecionados locais de referência, como cúspides, posicionamento do implante, contatos interproximais, fossas e angulação do implante. A acurácia dos modelos fresados e modelos de gesso não apresentaram diferenças significativas. Porém, o posicionamento do implante em relação ao modelo mestre mostrou diferenças significativas. Os autores concluíram que a acurácia dos modelos fresados é semelhante aos modelos de gesso obtidos por meio do processo convencional de moldagem, entretanto o posicionamento do implante nestes dois tipos de modelos apresentou diferenças significativas em relação ao modelo mestre.

Cho et al. (2015) realizaram um estudo sobre a acurácia e a reprodutibilidade entre modelos obtidos por meio de escaneamento e impressão 3D e modelos obtidos por moldagem tradicional. Foi utilizado um manequim typodont como modelo mestre. Este modelo apresentava cinco dentes preparados e as moldagens tradicionais foram obtidas por meio de moldagens de impressão única, utilizando um silicone de moldagem (Identium médium, Kettenbach, Alemanha), seguindo as especificações do fabricante. Somente um pesquisador realizou as moldagens em um laboratório com a temperatura controlada em 22°C. Foi confeccionada uma base retangular para

padronizar o posicionamento da moldeira. Foram realizadas cinco moldagens do modelo mestre (manequim typodont). Foi utilizado gesso do tipo IV para a obtenção dos modelos. Um único pesquisador realizou os cinco escaneamentos com o escâner digital Lava Chairside (3M ESPE). O escaneamento foi realizado com o modelo mestre posicionado dentro de um manequim de cabeça. Após a obtenção dos arquivos digitais, os modelos impressos foram confeccionados. A análise das dimensões dos modelos foi feita de maneira digital por meio de sobreposição das imagens convertidas para o formato STL. Os resultados mostraram que os modelos convencionais e os modelos impressos não apresentaram diferenças significativas na análise das linhas de terminação de preparos. Entretanto, em outras regiões dos modelos foram observadas diferenças significativas, mostrando que os modelos impressos são menos precisos que os modelos de gesso. Os autores concluíram que o método convencional de moldagem apresentou uma acurácia superior quando comparado com o método digital de obtenção de modelos por escaneamento e impressão, quando analisado toda a área dos modelos. Entretanto, ao comparar somente os preparos dos dentes, as duas técnicas não apresentaram diferenças significativas.

Papaspyridakos et al. (2016) realizaram um estudo no qual foi analisada a acurácia de modelos obtidos por método convencional e digital de moldagem, e a influência de variáveis na acurácia destes modelos. Foi utilizado um modelo de gesso totalmente desdentado com cinco implantes instalados, que serviu de modelo mestre (controle) para realizar as moldagens no nível de implante e pilar protético. Após a instalação dos pilares de escaneamento, foram realizados dez escaneamentos utilizando o escâner intra-oral Trios (3shape), formando o primeiro grupo teste. O segundo grupo teste era composto de dez modelos confeccionados a partir de moldagens com transferentes de moldagens unidos, ao nível do pilar protético; o terceiro grupo era formado por dez modelos confeccionados a partir de moldagens com transferentes de moldagens unidos, ao nível dos implantes; o quarto grupo era composto de dez modelos obtidos a partir de moldagens com transferentes de moldagens não unidos, ao nível do pilar protético e o quinto grupo eram compostos de dez modelos obtidos a partir de moldagens com transferentes de moldagens não unidos, ao nível do implante. Após a confecção dos modelos foi realizada o escaneamento dos modelos de gesso dos grupos 2 a 5 e o modelo mestre também foi escaneado para servir de grupo controle. A análise da acurácia foi realizada por

meio de sobreposição dos arquivos digitais. Os autores concluíram que o grupo 1 e o grupo 3 não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. As técnicas de moldagens com transferentes unidos mostraram-se mais eficientes que as técnicas não unidas. A angulação dos implantes não promoveu diferenças nas moldagens em relação ao modelo mestre.

Su e Sun (2016) realizaram um estudo comparativo sobre a adaptação interna e marginal de próteses fixas confeccionadas pelo método CAD/CAM, utilizando o escaneamento intra-oral e o método convencional de moldagem e escaneamento do modelo. Um manequim odontológico, com os dentes 13 e 25 preparados e com o dente 24 removido, serviu de modelo mestre para a confecção das próteses fixas de três elementos. O modelo foi escaneado com o escâner intra-oral Trios (3shape) e os arquivos STL foram transferidos para o computador, compondo o grupo teste. Foram realizadas dez moldagens do manequim, obtendo dez modelos de gesso, que foram escaneados com um escâner de bancada formando o grupo controle. Os arquivos STL foram utilizados para a confecção de próteses fixas de três elementos de Zircônia. As próteses foram posicionadas sobre o manequim preparado e foram realizados os testes de adaptação interna e marginal. Os retentores de cada prótese fixa foram seccionados em quatro regiões, totalizando oito secções por prótese. Quatro locais foram selecionados para a realização das medidas. São eles: discrepância marginal (P1), parede média axial (P2), borda áxio-oclusal (P3) e região centro-oclusal (P4). As medições foram realizadas utilizando um microscópio óptico com magnificação de 50 vezes. Os valores de adaptação marginal no grupo teste ($64\pm 16\mu\text{m}$) foram significativamente menores que os valores do grupo controle ($76\pm 18\mu\text{m}$). Os valores médios de adaptação interna do grupo teste ($111\pm 34\mu\text{m}$) foram significativamente menores que o observado no grupo controle ($132\pm 44\mu\text{m}$). Os autores concluíram que os dois métodos de confecção da prótese fixa de três elementos apresentaram valores de adaptação marginal e interna aceitáveis. Porém, o grupo escaneamento intra-oral apresentou melhores resultados em ambas as medidas, quando comparado com o grupo moldagem convencional.

Ender et al. (2016) realizaram um estudo *in vivo* para avaliar a acurácia de escaneamentos intra-orais de hemi-arco, comparando com a moldagem convencional. Os pacientes foram moldados com moldeiras de arco total (CI) e moldeiras do tipo triple Tray (T-tray) e foram realizados os escaneamentos intra-orais

utilizando sete sistemas. São eles: Lava True Definition Scanner (3M ESPE) (T-Def); Lava Chairside Oral Scanner (3M ESPE), (COS); iTero (ITE) (Cadent); Trios (TRI) (3Shape); Trios Color (TRC) (3Shape); Cerec Bluecam, Software 4.0 (BC4.0) (Sirona); Cerec Bluecam, Software 4.2, (BC4.2) (Sirona) e Cerec Omnicam (OC) (Sirona). Foram realizados três repetições de escaneamento e moldagem convencional para cada um dos cinco pacientes (n=15). Os grupos foram analisados por meio da sobreposição de imagens. A repetibilidade variou entre 18,8 µm (CI) até 58,5µm (T-tray) com a maior repetibilidade nos grupos CI, T-Def, BC4.0, TRC e TRI. O padrão de desvio variou dependendo do tipo de escaneamento. As moldagens realizadas com a moldeira do tipo triple tray exibiram maiores desvios nas regiões de ponto de contato, tanto na mandíbula quanto na maxila. O autor concluiu que o escaneamento intra-oral de hemi-arcos mostrou uma repetibilidade comparável aos métodos convencionais de moldagem. Entretanto existiram diferenças significativas nos valores absolutos e nos padrões de desvios observados. O autor observou que apesar de existirem diferenças na repetibilidade entre os tipos de sistemas de escaneamentos intra-oral, todos são indicados para a realização de diversos tipos de tratamentos restauradores.

Jeong et al. (2016) realizaram um estudo no qual compararam a acurácia de um escâner intra-oral de captura por vídeo e um escâner intra-oral de captura por foto. Foi utilizado um escâner de bancada como grupo controle. Um modelo de referência foi escaneado oito vezes pelo escâner de captura por vídeo Cerec Omnicam (Sirona) e pelo escâner de captura por fotos Cerec Bluecam (Sirona). O modelo de gesso confeccionado a partir do modelo mestre foi escaneado com o escâner de bancada Identica Blue (Medit), servindo de grupo controle. Foram analisados a repetibilidade e a semelhança de cada escâner. Para avaliar a repetibilidade os oito escaneamentos foram sobrepostos usando um programa de análise 3D. Para a análise da semelhança, o escaneamento de referência foi sobreposto aos modelos dos grupos teste, para avaliar as discrepâncias. A análise da semelhanças indicou que o escâner de captura por vídeo não mostrou diferenças significativas em relação ao grupo controle. Os autores concluíram que o escâner de captura por vídeo apresentou melhor acurácia que o escâner de captura por foto, com a vantagem de realizar o escaneamento de grandes áreas da boca.

Kuhr et al. (2016) analisaram um novo método de verificar a semelhança de escaneamentos intra-orais *in vivo* e comparou este grupo com o procedimento de

moldagem convencional. Quatro esferas de metal foram fixadas na superfície oclusal de dentes posteriores de cinquenta pacientes. Estas esferas foram fixadas com o auxílio de um guia metálico que posicionou as esferas de maneira padronizada. Após este procedimento, foi realizada uma moldagem convencional com a utilização do Impregum F Penta soft e um modelo de gesso do tipo IV era obtido (CI). Em seguida foram realizados três escaneamentos intra-orais com os escâneres Cerec Omnicam (OC) (Sirona), 3M True Definition (TD) (3M ESPE) e Cara Trios (CT) (Heraeus). O posicionamento das esferas foi analisado nos modelos digitais e de gesso. Foram medidas as distâncias lineares e os ângulos entre as esferas assim como a sua sobreposição em relação aos dados de referência. Em relação às medições lineares, CI apresentou os menores desvios, seguido dos escâneres TD, CT e OC. A sobreposição das imagens mostrou os mesmo resultados, com valores de CI ($15 \pm 4 \mu\text{m}$), TD ($23 \pm 9 \mu\text{m}$), CT ($37 \pm 14 \mu\text{m}$), OC ($214 \pm 38 \mu\text{m}$). Nas medições dos ângulos foram observadas os menores desvios para TD ($0,06^\circ \pm 0,07^\circ$) seguido por CI ($0,07^\circ \pm 0,07^\circ$) CT ($0,13^\circ \pm 0,15^\circ$) e OC ($0,28^\circ \pm 0,21^\circ$). O autor concluiu que o novo método de medição é capaz de realizar a análise a acurácia de escaneamentos intra-orais. A moldagem convencional (CI) ainda apresenta uma acurácia maior, quando comparado com os escâneres intraorais.

2.3 Estudos sobre análise de materiais de moldagens, moldeiras, protocolos de utilização e qualidade de modelos de gesso

Johnson e Craig (1986) realizaram um estudo sobre a acurácia de silicones de adição de acordo com a técnica utilizada. Foram analisadas três técnicas: a técnica da manipulação do silicone pesado e leve simultaneamente (PW), a técnica da mistura simples (SM) e a técnica da dupla mistura (DM). Foi utilizado um modelo mestre de aço inoxidável. Sete medições foram realizadas nos modelos de gesso obtidos a partir da moldagem do modelo mestre. Foram selecionados os silicones de adição President (Coltene), Mirror 3 (Kerr), Exaflex (GC) e Cinch (Parkell) e o silicone de condensação Coltex/Coltoflax para comparação dos materiais de moldagem. Cada material foi utilizado com as três técnicas citadas. Os resultados indicaram que os silicones de adição mostraram diferenças significativas quando comparados com o silicone de

condensação. O tipo de técnica influenciou na acurácia dos modelos, quando foi utilizado o silicone de condensação. Os autores concluíram que a técnica utilizada no trabalho não influenciou nos resultados, quando utilizada no silicone de adição. Entretanto, para o silicone de condensação a técnica da manipulação do material pesado e leva ao mesmo tempo (PW) produziu os modelos mais precisos.

Gordon et al. (1990) realizaram um estudo no qual analisou a influência do material da moldeira individual na confecção de modelos de estudo de gesso. Foram analisados moldeiras confeccionadas em resina acrílica (Formatray, Kerr/Sybron, EUA), em material termoplástico (Easy Tray, Block Drug Co., EUA) e uma moldeira plástica de estoque (Sani-Tray, Teledyne-Getz, EUA). Foram utilizados nos três tipos de moldeira um silicone de adição, um Poliéter e um polissulfeto. As moldeiras individuais de resina acrílica e de material termoplástico apresentavam 3mm de espessura e 2,5 mm de alívio para o material de moldagem. Os resultados indicaram que as moldeiras de resina acrílica e de material termoplástico produziram modelos de gesso clinicamente aceitáveis e a moldeira plástica produziu modelos que apresentaram diferenças dimensionais mais significativas que as moldeiras de resina acrílica e de material termoplástico.

Brosky et al. (2002) analisaram a influência do tipo de moldeira selecionada e o modo de obtenção do modelo de gesso na sua alteração dimensional, utilizando um novo método que analisa as alterações em três dimensões. Foi utilizado um modelo mestre de um arco dental, moldado com moldeiras de estoque (n= 28) e moldeiras individuais (n=28), utilizando um silicone de adição Examix VPS (GC, EUA). Cada grupo de moldagem utilizando os dois tipos de moldeiras foram subdivididos em dois subgrupos, nos quais foram realizados a inserção de gesso do tipo V nos moldes e após este procedimento, o conjunto molde/gesso foi deixado invertido (n=14) ou não invertido (n=14) e aguardou-se o tempo necessário para a cristalização do gesso. O modelo mestre de metal e os modelos de gesso foram digitalizados utilizando o digitalizador óptico Steinbichler Comet 100, desenvolvido no Centro de pesquisa Odontológica de Minnessota. As imagens digitais dos modelos de gesso alinhadas às imagens do modelo mestre foram analisadas com o programa AnSur NT. Foram realizadas medições lineares das distâncias entre o centro de cada preparo realizado nos dentes e também a altura das coroas do modelo mestre e dos modelos de gesso. Desta maneira pôde-se verificar a acurácia do método de medição e também da

influência do tipo de moldeira e da forma de se obter o modelo de gesso, na acurácia dos modelos obtidos. Os resultados mostraram que dos 45 testes de significância realizados, somente 4 tiveram valores significantes. O autor concluiu que o uso de moldeiras individuais ou de estoque junto com materiais do tipo elastômeros produziram modelos com o mesmo grau de acurácia.

Alhour et al. (2004) avaliaram a qualidade de modelos de gesso utilizados na confecção de coroas unitárias e próteses fixas. Foram analisados 150 modelos de gesso (modelo de trabalho e modelo antagonista) encaminhados por cirurgiões dentistas, clínicos gerais e alunos de uma faculdade de Odontologia. Para realizar a análise de qualidade destes modelos foi confeccionada uma escala de três níveis de qualidade (boa, razoável e ruim), dependendo da qualidade da reprodução dos tecidos moles e duros no modelo em questão. Os resultados indicaram que os modelos antagonistas apresentaram uma qualidade significativamente melhor que os modelos de trabalho. Ao observar os modelos de trabalho a qualidade dos dentes preparados foi significativamente melhor que a área de dentes não preparados no mesmo arco. No geral a qualidade dos modelos foi melhor nas faces oclusal e incisal que nas faces vestibular e lingual. Os autores concluíram que existe uma variação na qualidade dos modelos obtidos pelos cirurgiões dentistas e alunos. A qualidade dos modelos antagonistas foi melhor que a qualidade dos modelos de trabalho. Este fato pode ter sido observado pela maior facilidade de utilização do material na moldagem do arco antagonista, geralmente alginato, quando comparado com o material utilizado na moldagem do arco que será feito a prótese. Ainda mais, existe uma necessidade de uma melhora constante da qualidade das moldagens realizadas por estes profissionais inclusive nas regiões distantes dos dentes preparados.

Caputi e Varvara (2008) analisaram a acurácia de modelos obtidos a partir de quatro técnicas de moldagem. A primeira consistiu em uma moldagem única, realizada somente com o material de moldagem pesado. A segunda utilizou o material pesado e leve simultaneamente. A moldagem com dois passos foi realizada com a utilização de dois casquetes preenchidos com o material leve. Na técnica experimental foram utilizados os dois materiais (leve e pesado) em uma única moldagem, seguido de uma moldagem com material extra leve que foi introduzido na região dos pilares moldados previamente. Para realizar esta moldagem, a injeção do material extra leve foi feita na região superior dos pilares. Foram realizadas 15 moldagens em cada uma das

técnicas utilizando o silicone de adição Aquasil (Dentsply, EUA). O modelo mestre consistiu em um modelo de metal com dois dentes preparados. Os modelos de gesso obtidos por todas as técnicas apresentaram dimensões significativamente diferentes quando comparados com o modelo mestre de metal. A técnica de moldagem única com o material pesado apresentou a maior distorção. Em seguida vieram as técnicas de moldagem única com os dois materiais, a técnica de moldagem de dois passos e por último a técnica de dois passos com injeção do material extra leve. O autor concluiu que as técnicas de moldagem de dois passos e a de dois passos com a injeção de material extra leve apresentaram os modelos com a melhor acurácia, comparados com as outras técnicas estudadas.

Hoyos e Soderholm (2011) analisaram a influência da rigidez da moldeira e o tipo de técnica na acurácia de moldagens, utilizando o silicone de adição Aquasil (Dentsply, EUA). Moldeiras descartáveis de plástico e moldeiras metálicas foram utilizadas com a técnica de moldagem de uma impressão e de dupla mistura, com e sem alívio padronizado. Foram realizadas dez moldagens para cada tipo de combinação moldeira/técnica de moldagem. O modelo mestre consistiu em dois munhões de metal representando um primeiro pré-molar e um segundo molar preparados. Cada munhão apresentava cinco marcações na sua superfície. Entre os dois existia um cilindro de referência para o posicionamento da moldeira. Foi utilizado um microscópio universal para medir as coordenadas X, Y e Z nos munhões e nos moldes. Estas distâncias foram comparadas com os mesmos pontos no modelo mestre. Todas as técnicas utilizando as moldeiras plásticas apresentaram distâncias com diferenças significativas, em relação ao modelo mestre. As moldeiras de metal apresentaram distâncias com diferenças significativas somente na técnica de moldagem de uma mistura. As moldeiras de plástico mostraram as maiores discrepâncias, quando comparadas com as moldeiras metálicas. A técnica de dupla impressão apresentou melhores resultados quando comparado com a técnica de uma mistura, ao utilizar as moldeiras de metal.

Kumar e Aeran (2012) analisaram a influência da espessura do material de moldagem na estabilidade dimensional e acurácia de moldes, usando três tipos de materiais de moldagem. Foram selecionados o silicone de condensação Speedex, Coltene/Whaledent Inc., EUA), o silicone de adição Reprosil (Dentsply, EUA) e o poliéter Impregum soft (3M ESPE, Alemanha) que foram utilizados em moldeiras

individuais, com alívio para o material de moldagem de 2mm, 4mm e 6mm. As moldagens foram realizadas em um modelo mestre. Os modelos de gesso pedra tipo IV foram comparados com o modelo mestre utilizando um microscópio comparador. Os resultados indicaram que os modelos que apresentaram a maior estabilidade dimensional foram os obtidos a partir das moldeiras com espaçamentos de 2 e 4mm. Na comparação entre os materiais não foi observada diferença significativa na estabilidade dimensional. Foi observado que as mudanças foram mínimas quando o modelo era obtido após uma espera de 1 hora entre a moldagem e o vazamento do modelo, utilizando a moldeira com o espaçamento de 2mm. Os autores concluíram que o espaçamento ideal da moldeira não deve exceder 2mm e a comparação entre os materiais de moldagem não gerou diferenças significativas entre eles.

Manoj et al. (2013) realizaram um estudo no qual analisaram a acurácia de quatro técnicas de moldagem utilizando um Poliéter em um modelo de laboratório. O poliéter utilizado foi o Impregum F soft (3M ESPE, Alemanha). As quatro técnicas de moldagem foram: 1- técnica de impressão única utilizando o poliéter de densidade média; 2- técnica da impressão única, manipulando o material leve e pesado simultaneamente; 3- técnica da dupla impressão utilizando alívio de teflon e em seguida moldando com o material leve; 4- técnica de moldagem utilizando o material de registro interoclusal. Nesta técnica, a matriz de poliéster foi carregada com o material pesado e em seguida o material de média densidade capturou este registro. Foi utilizado um modelo mestre de aço inoxidável, contendo três preparos para coroas totais de prótese fixa, utilizados como controle positivo. Foram realizadas trinta moldagens para cada uma das quatro técnicas. A acurácia de cada técnica de moldagem foi realizada medindo-se oito locais (distâncias méso distal, vestibulo lingual e distância entre os munhões) nos modelos de gesso. Foi utilizada a máquina de medição de coordenadas BH.V507 (Mitutoyo®, Japão) para realizar as medições. Para isso, os modelos foram fixados de forma padronizada, utilizando um Jig de posicionamento. Desta maneira pôde-se padronizar a posição das faces oclusais dos dentes, paralelas ao eixo horizontal. Foi observado que no geral os modelos de gesso obtidos foram menores que o modelo mestre. O autor concluiu que durante a confecção da prótese, os processos laboratoriais devem compensar não só a película cimentante, mas também a o aumento ou diminuição nas dimensões dos modelos.

Rau et al. (2017) realizaram um estudo no qual foram avaliados e quantificados os erros mais comuns observados em moldagens enviadas para laboratórios. Os autores visitaram três laboratórios grandes e um laboratório pequeno durante um período de 12 meses. Três examinadores realizaram as análises dos moldes utilizando uma lupa de aumento de 2,5 vezes com iluminação natural. Os autores analisaram 1157 moldagens, das quais foram detectados em 86% pelo menos um tipo de erro. Em pelo menos 55% das moldagens foram observados erros críticos relacionados à linha de terminação. Os erros observados foram tecido mole sobre a linha de término (49,09%), erros nas moldagens de duplo arco (25,63%), pressão da moldeira sobre o tecido mole (25,06%) e bolhas na linha de término (24,38%). Os fatores sangue nas moldagens e o tipo de moldeira influenciaram de maneira significativa nos erros na linha de término. Os autores concluíram que os erros observados na linha de término dos preparos foram a categoria de erro mais observados nas moldagens estudadas. Estes erros aumentaram com o uso de moldagens de duplo arco e com a presença de sangue na região da linha de término. Os autores recomendaram uma melhora nas técnicas de moldagens assim como na confecção dos modelos de trabalho.

2.4 Estudos sobre estratégia do escaneamento e sua influência na qualidade do escaneamento

Existem protocolos preconizados pelos fabricantes dos escâneres intra-orais sobre como deve-se realizar o escaneamento intra-oral e sabe-se que fatores como a saliva do paciente, desconforto pelo início em um determinado lado da boca deste paciente, reflexão da superfície a ser escaneada, posição dos dentes e luminosidade são fatores que contribuem para a precisão deste procedimento. Existem estudos que analisaram a influência da estratégia de escaneamento, ou seja, a forma como este escaneamento foi realizado. Estes estudos ajudaram a corroborar o fato de que deve-se ter um padrão nos escaneamentos intra-orais.

Anh et al. (2016) analisaram a influência da irregularidade da superfície do dente e da estratégia de escaneamento na acurácia dos arquivos obtidos com

escâneres intra-orais. Foram utilizados os escâneres iTero (Align Technology, EUA) e Trios (3Shape, Dinamarca). Foram confeccionados modelos de arcos dentários com diferentes graus de apinhamento dos dentes, que foram divididos em dois grupos, de acordo com as duas estratégias de escaneamento estudadas. A análise da acurácia foi realizada por meio de sobreposição de imagens. O tipo de escâner utilizado no estudo, assim como os diferentes graus de apinhamento dos dentes, não influenciaram na acurácia dos escaneamentos. Entretanto, ocorreram diferenças significativas na acurácia dos dois escâneres quando aplicadas estratégias diferentes de escaneamento, ou seja, com locais de início distintos entre si. O escâner iTero ($29,84 \pm 12,08 \mu\text{m}$) mostrou-se menos preciso que o escâner Trios ($22,17 \pm 4,47 \mu\text{m}$). No escâner iTero as imagens foram menos precisas quando o escaneamento começou pela direita ao invés de começar pela esquerda. O escâner Trios apresentou a menor acurácia na região dos molares oposta ao lado onde se iniciou o escaneamento. O autor concluiu que apesar dos resultados, os dois escâneres se mostraram alta precisão para a aplicação clínica.

Muller et al. (2016) realizaram um estudo comparativo sobre a influência da forma ou estratégia de se realizar o escaneamento intra-oral, na acurácia (repetibilidade e semelhança) de escaneamentos de arco total. Foram realizadas três tipos de estratégias de escaneamento intra-oral. A estratégia A consistiu em realizar o escaneamento na superfície vestibular dos dentes, e retornando ao ponto de início do escaneamento pela superfície oclusal e palatina. A estratégia B consistiu em realizar o escaneamento primeiro na superfície oclusal e palatina e retornando ao ponto de início pela superfície vestibular. A estratégia C consistiu em realizar o escaneamento somente em um sentido, realizando a leitura de todas as faces dos dentes em um movimento único, sem retorno ao ponto de início do escaneamento. O escâner Trios (3shape, Dinamarca) foi utilizado no estudo. Um modelo de uma maxila dentada foi utilizado como modelo mestre que foi escaneado com um escâner industrial, obtendo o modelo digital de referência. Os arquivos obtidos por cada uma das estratégias de escaneamento foram sobrepostos ao modelo digital de referência para analisar a semelhança. Foi feita a análise em cada grupo, para verificar a repetibilidade de cada estratégia de escaneamento. Os resultados mostraram que a estratégia A de escaneamento apresentou valores médios de discrepâncias de $17,9 \pm 16,4 \mu\text{m}$. A estratégia B mostrou valores de $17,1 \pm 13,7 \mu\text{m}$ e a estratégia C

mostrou valores de $26,8 \pm 14,7 \mu\text{m}$, sem apresentar diferenças significativas. A menor repetibilidade foi observada na estratégia A ($35,0 \pm 51,1 \mu\text{m}$) apresentando diferenças significativas em relação à estratégia B ($7,9 \pm 5,6 \mu\text{m}$) e estratégia C ($8,5 \pm 6,3 \mu\text{m}$). Os autores concluíram que a estratégia de escaneamento B deve ser recomendada, uma vez que apresenta a maior acurácia em casos de escaneamento de arco total, e por isso minimiza as distorções na impressão final do modelo.

Renne et al. (2017) avaliaram a acurácia de seis tipos de escâneres intra-orais e um escâner laboratorial em situações de escaneamento de arco total e arco parcial. Foi relacionado também o tempo do escaneamento com a acurácia do escaneamento. O modelo mestre foi confeccionado com um material que apresentava índice de refração semelhante ao dente natural. Foram analisados os escâneres Cerec Omnicam (CO) (Dentsply Sirona), Cerec Bluecam (CB) (Dentsply Sirona), Planmeca Planscan (PS) (Planmeca USA), Cadent iTero (IT) (Align Technology), Carestream 3500 (CS) (Carestream Dental), 3Shape TRIOS 3 (ST) (3Shape North America), e 3Shape D800 model scanner (SD) (3Shape North America). Estes sete escâneres realizaram o escaneamento da região posterior e do arco total deste modelo mestre. A análise foi realizada utilizando um software de metrologia tridimensional, que analisou as discrepâncias entre o modelo mestre e os grupos de estudo. Os resultados mostraram que, dentre os escâneres intra-orais, o escâner Planscan apresentou a melhor precisão, enquanto que o escâner Trios apresentou o pior resultado para o escaneamento de arco parcial. Os resultados mostraram que a semelhança com o modelo mestre para o escaneamento de arco total foi a seguinte: 3Shape D800 > iTero > 3Shape Trios3 > Carestream 3500 > Planscan > Cerec Omnicam > Cerec Bluecam. Na análise da repetibilidade, no escaneamento de arco total, o resultado foi o seguinte: CS3500 > iTero > 3Shape D800 > 3Shape Trios 3 > Cerec Omnicam > Planscan > Cerec Bluecam. Observou-se que o tempo de escaneamento foi muito correlacionado com a repetibilidade e a semelhança. O autor concluiu que os escâneres estudados são diferentes em relação à sua acurácia e velocidade no processo. Os escâneres Planscan e Cerec Omnicam apresentaram a melhor combinação entre velocidade e acurácia nos escaneamentos parciais. O escâner 3shape Trios apresentou os melhores resultados em relação à velocidade e precisão, quando realizado os escaneamentos de arco total.

2.5 Estudo sobre a acurácia de modelos obtidos por meio de impressão de arquivos digitais

Choi et al. (2002) realizaram um estudo no qual verificaram os erros que ocorrem na impressão de modelos pelo método da estereolitografia, identificando os fatores que provocaram alterações dimensionais em cada fase da produção destes modelos. Foram realizados dezesseis medições lineares de um crânio seco, que foram comparados com as medições do modelo digital 3D e do modelo impresso. As medições lineares no crânio seco e no modelo impresso foram obtidas com a utilização de um paquímetro e as medições lineares no modelo digital 3D foram obtidas com a utilização de uma ferramenta de medição do programa Magicview (Materialise, Bélgica). Os resultados mostraram que os valores médios de discrepância entre o crânio seco e o modelo 3D foram de $0,49 \pm 0,34$ mm. Para o modelo impresso e o modelo 3D os valores médios de desvio foram de $0,57 \pm 0,62$ mm. Para o modelo impresso e o crânio seco os valores médios de discrepância foram de $0,62 \pm 0,35$ mm nos dezesseis sítios de medições, sendo valores menores que os observados em estudos anteriores. Os autores concluíram que a tomografia que produz o modelo 3D pode influenciar na qualidade do modelo impresso. O volume do modelo obtido pela tomografia pode influenciar na confecção do modelo 3D, assim como na definição dos limites para basear a sua construção. Outro fator que pode influenciar na qualidade dos modelos é a impressão propriamente dita. Pode-se citar uma polimerização residual, influência dos suportes de impressão na sua confecção e remoção do modelos, diâmetro do laser, trajeto do laser, espessura da camada e o acabamento. Outro fator que influencia são os erros de medição que são inevitáveis e que incluem o erro humano e a precisão dos instrumentos de medição. No caso dos modelos 3D a dificuldade está na determinação dos pontos de referência na utilização do programa de medição.

Keating et al. (2008) analisaram a acurácia de um escâner por meio dos modelos produzidos pelos arquivos de escaneamento obtidos com o seu uso. Foram utilizados trinta modelos de gesso do Departamento de Ortodontia de uma faculdade de Odontologia. Cada modelo foi escaneado utilizando o escâner Minolta Vivid 900 (Konica Minolta Inc., Japão), e o programa Easy3Dscan (Tower Graphics, Itália)

analisou os arquivos obtidos pelo escâner. Medições lineares foram obtidas nos modelos físicos com a utilização de um paquímetro digital, e nos modelos virtuais, com a utilização de um programa de computador, partindo de pontos de referência pré-determinados. As medições foram realizadas em dois momentos distintos por um mesmo examinador. Os arquivos digitais foram utilizados para a confecção de modelos 3D, impressos pelo método da estereolitografia, utilizando a impressora SLA-250/40 (3D systems Inc., EUA). As diferenças observadas entre as medições realizadas nos modelos físicos e nos modelos virtuais não indicou diferenças significativas ($p=0.237$). As diferenças observadas nos modelos de gesso, modelos virtuais e nos modelos impressos, indicaram diferenças significativas somente na análise no eixo Z. O autor concluiu que o escâner estudado é confiável para a aquisição de imagens 3D de modelos de gesso, mas os modelos impressos a partir destes arquivos digitais não mostraram um detalhamento das estruturas anatômicas, quando comparados com os modelos de gesso.

Cuperus et al. (2012) realizaram um estudo sobre a acurácia entre modelos impressos pelo método da estereolitografia e modelos virtuais obtidos a partir de escaneamentos de arcos de crânios humanos secos. Dez crânios humanos foram escaneados com o escâner Lava (3M ESPE, Alemanha) para o estudo. A partir dos arquivos digitais, foram obtidos os modelos virtuais que foram impressos. Dois pesquisadores realizaram as medições dos modelos impressos e dos crânios secos utilizando um paquímetro digital. Os modelos virtuais foram medidos utilizando um programa de computador. Os resultados mostraram que os modelos impressos e os modelos virtuais apresentaram diferenças significativas entre si, mas que não foram clinicamente relevantes. Os modelos digitais mostraram os menores erros de medição, quando comparados com os modelos impressos. O autor concluiu que os modelos digitais e impressos pelo método utilizado no trabalho, são métodos válidos e reprodutíveis para medições de arcos dentários.

Murugesan et al. (2012) analisaram a acurácia de três modelos impressos obtidos a partir de arquivos digitais, analisando seus detalhes superficiais. Os arquivos foram utilizados para a impressão de três tipos de modelos. O primeiro modelo foi impresso com a tecnologia fused deposition mode (FDM). O segundo modelo utilizou a tecnologia Polyjet (PJ) e o terceiro modelo utilizou a tecnologia Dimensional printing (DP). Foram realizadas medições em pontos anatômicos dos modelos e o estudo dos

detalhes superficiais foram analisados com um microscópio de varredura. As dimensões dos modelos impressos pela tecnologia PJ apresentaram as dimensões mais próximas do arquivo digital, seguidos pelos modelos DP e FDM. A análise com o microscópio revelou superfície lisa e uniforme nos modelos PJ, com detalhamento adequado da sua superfície, o que promoveu uma melhor semelhança com o arquivo digital, quando comparado com os modelos DP e FDM.

Hwang et al. (2013) analisaram a reprodutibilidade de modelos obtidos a partir de escaneamento intra-oral com o uso do sistema iTero (Cadent, EUA), comparando o modelo de gesso (modelo mestre) com os modelos virtuais, modelos impressos e os modelos fresados de poliuretanos do sistema iTero, ambos obtidos a partir do arquivo digital. Foram utilizados 54 conjuntos de modelos de gesso do tipo IV, dos arcos superior e inferior de pacientes com a oclusão estável. Os modelos foram escaneados e os arquivos transformados no formato STL. Os modelos fresados foram fabricados baseados nos modelos virtuais, obtidos a partir do escaneamento dos modelos de gesso. Os quatro tipos de modelos do estudo foram analisados por meio de medições verticais e horizontais, e os erros de medição, o coeficiente de medição intraclass (ICC) e as diferenças entre os modelos foram realizadas. Os modelos físicos foram analisados por meio de um paquímetro digital. Os modelos virtuais foram analisados utilizando programa de computador que realizou as medições lineares. Os modelos do sistema iTero demonstraram as maiores diferenças dimensionais e os menores índices de ICC que os outros modelos, e muitas das medições realizadas nestes modelos mostraram diferenças significativas, em relação aos outros modelos. Não existiram diferenças entre as medições dos modelos virtuais com os modelos de gesso. Os autores concluíram que os modelos virtuais confeccionados com o sistema iTero, demonstraram uma excelente reprodutibilidade. Entretanto, os modelos fresados por este sistema mostraram maiores diferenças dimensionais, quando comparados com os outros modelos estudados.

Kasparova et al. (2013) realizaram um estudo no qual compararam a qualidade de modelos impressos, a partir de escaneamentos de modelos de gesso, e se o sistema de impressão RepRap poderia substituir os modelos de gesso na prática odontológica. O sistema RepRap também foi comparado com outro sistema de impressão de modelos. Foram utilizados dez modelos de gesso, obtidos a partir de moldagens com alginato, que foram escaneados com o escâner de laboratório inEos

Blue scanner (Sirona, Austria) e os arquivos digitais foram impressos com o sistema RepRap de impressão 3D (Republica, Tcheca) e com a impressora 3D Projet HD 3000 (3D systems, EUA). Foram medidas distâncias lineares em pontos pré determinados nos modelos de gesso e impressos de mandíbulas e maxilas. Os sítios de medições foram a distância entre as pontas de cúspides dos caninos (no eixo X), a distância entre a ponta de cúspide do canino inferior e a cúspide mesio lingual do primeiro molar inferior (no eixo Y) e a altura da coroa clínica do canino (no eixo Z). Os resultados mostraram que os modelos impressos com o sistema RepRap apresentaram acurácia semelhantes aos modelos de gesso, nas medições lineares. Os modelos impressos com a impressora Projet HD 3000 se mostraram superiores em detalhes que os modelos RepRap, entretanto, o custo benefício do sistema RepRap se mostrou superior, para uma aplicação clínica de rotina. Os autores concluíram que o escaneamento de modelos de gesso e obtenção dos modelos impressos é um processo pragmático, podendo substituir os modelos de gesso devido a sua precisão e seu custo. A impressora RepRap no estudo pode ser utilizada para a prática odontológica, com a vantagem de ser mais barata e rápida, quando comparada com a impressora Projet HD 3000.

Hazeveld et al. (2014) compararam a acurácia de modelos físicos obtidos a partir de arquivos digitais por diferentes métodos de prototipagem rápida. Foram selecionados doze conjuntos de modelos de gesso de pacientes, denominados de modelos de referência, para o processo de escaneamento. Os arquivos escaneados, utilizando o escâner RPS 450 (Laser Design, EUA), foram transformados em arquivos STL para possibilitar a manipulação digital. Os modelos físicos foram obtidos utilizando três métodos diferentes: impressão 3D (Z-Corp, EUA), tecnologia Digital light processing (Envisiontec, Alemanha) e tecnologia Polyjet (Objet Geometries, Israel). Para realizar a comparação da acurácia dos modelos impressos, foram realizadas medições lineares por um único examinador, utilizando um paquímetro digital. As diferenças observadas na altura das coroas foram de - 0,02mm para os modelos Polyjet, 0,04mm para os modelos Digital light processing e 0,25mm para os modelos de impressão 3D. Para a largura dos dentes, as diferenças foram de -0,08mm para os modelos Polyjet, - 0,05mm para os modelos Digital light processing e -0,05mm modelos de impressão 3D. Os autores concluíram que os modelos gerados a partir

das técnicas utilizadas no estudo são clinicamente aceitáveis e com um reprodutibilidade aceitável para os trabalhos na especialidade de Ortodontia.

Ishida e Miyasaka (2016) realizaram um estudo no qual analisaram a acurácia de modelos impressos de padrões de coroas para aplicação em Prótese dentária. O estudo utilizou a impressora de fusão termoplástica Cube X Trio (CX) (3D Systems, EUA), a impressora de tecnologia Digital light processing B9 Creator (B9) (B9 Creations, EUA) e a impressora de polimerização por laser DWO28D (DW) (DWS, Itália), ambas utilizando o princípio de estereolitografia, e a impressora polyjet Projet DP 3000 (PJ) (3D systems, EUA). O estudo analisou a acurácia dos diâmetros externos e internos dos padrões impressos por estas impressoras com formato tronco cônico na sua região interna e cilíndrico na sua região externa. Também foram medidas a profundidade das coroas impressas, assim como, a rugosidade das paredes laterais. Os resultados mostraram que os diâmetros externos apresentaram valores menores que o projeto virtual realizado no computador, na maioria das situações. Os diâmetros internos foram menores que os valores projetados, exceto para a impressora B9. A profundidade medida teve uma tendência de ser menos profunda que o projetado nas impressoras CX ou B9. As impressoras PJ e DW produziram modelos que tiveram uma tendência de ser mais profundos. A rugosidade das superfícies das coroas foi maior quando observado ao longo eixo do dente do que quando observado perpendicularmente ao longo eixo do dente. Os autores concluíram que o uso de impressoras 3D na confecção de coroas protéticas podem ser utilizados em um futuro próximo, com o desenvolvimento de impressoras mais baratas e com uma acurácia maior.

Wesemann et al. (2017) realizaram um estudo no qual compararam métodos de obtenção de modelos com uma impressora 3D para estudos em Ortodontia. Neste estudo o autor comparou a acurácia e a eficiência no tempo utilizando processos de digitalização diretos e indiretos. O modelo mestre foi medido utilizando uma máquina de medição de coordenadas. As distâncias medidas foram a largura entre caninos, a largura entre molares e o comprimento do arco dental. Foram realizados sessenta e quatro escaneamentos nos escâneres da bancada R900 e R700 (3shape), no escâner Trios color pod (3shape) e no tomógrafo do tipo Cone Beam (CBCT) Promax 3D (Planmeca). Todos os escaneamentos foram medidos por meio de um programa de medições. Um escaneamento foi selecionado e foram realizados trinta e sete

impressões, utilizando a impressora D35, que utiliza o método da estereolitografia (Innovation Medtech). O modelo mestre também foi moldado utilizando o silicone de adição Flexitime (medium flow + putty; Heraeus Kulzer). Os modelos foram obtidos com a utilização do gesso do tipo III. Os modelos de gesso foram escaneados. Os modelos físicos (impressos e de gesso) foram medidos utilizando a máquina de medição de coordenadas. Os resultados mostraram que o escâner R900 mostrou os resultados mais precisos. O escâner intra-oral e o escâner R700 apresentaram resultados semelhantes. O tomógrafo mostrou melhores resultados no que diz respeito ao escaneamento dos modelos de gesso, em comparação ao escaneamento das moldagens. A impressão 3D mostrou um nível de desvio maior que a digitalização dos modelos de gesso com os escâneres de bancada. O tempo utilizado nos escaneamentos foi 27% maior que para as moldagens convencionais. O autor concluiu que a moldagem convencional, obtenção do modelo e escaneamento com escâneres de bancada permanece como um processo recomendado. Para a utilização em Ortodontia, os escâneres intra-orais são uma alternativa útil para utilização em arcos totais. Para utilização em Prótese, a sua indicação deve ser para escaneamento de um quadrante apenas, contendo não mais que três dentes.

Wan Hassan et al. (2017) analisaram a acurácia de modelos impressos pelo método da estereolitografia comparando com modelos de gesso de referência, analisando também a influência do grau de apinhamento dos dentes na acurácia dos modelos. Um conjunto de dez modelos gesso foram digitalizados com o escâner de bancada Maestro 3D (AGE Solutions, Itália) e os arquivos digitais foram impressos utilizando a impressora 3D Z printer 450 (3D Systems, EUA) fornecendo assim, os modelos impressos. Os modelos de gesso e os impressos foram medidos utilizando paquímetros digitais. Foram medidas as dimensões méso distal e vestibulo lingual dos dentes, assim como, a altura das coroas e as dimensões do arco. A intensidade do apinhamento foi dividida em três graus: suave, moderado e severo. Os resultados de acurácia dos modelos indicaram diferenças significativas em todas as medições e tipos de apinhamento, exceto nas medições da altura da coroa no grupo de apinhamento moderado e nas dimensões do arco nos grupos de apinhamento suave de moderado. Os autores concluíram que os modelos impressos não foram clinicamente comparáveis com os modelos de gesso independente do grau de apinhamento dos dentes.

Ide et al. (2017) analisaram a acurácia dos modelos obtidos a partir de três impressoras 3D, assim como, a influência do ângulo presente no modelo e a posição na qual este modelo foi impresso. Foram utilizadas as impressoras Fortus 400mc (Stratasys, EUA) e Dimension sst 1200es (Stratasys, EUA) e a impressora Polyjet Objet Alaris 30 (Stratasys, EUA) no presente estudo. Modelos em formato de prisma Triangular foram confeccionados via CAD, com altura de 15mm e com ângulos que variaram entre 60°, 45°, 30°, 20°, 10° e 5°. A partir do desenho CAD os modelos foram impressos por cada uma das três impressoras em três direções distintas (direção A, B e C). Foram impressos quinze corpos de prova para cada impressora, angulação e direção de impressão. Para investigar a precisão de cada impressora, a altura foi medida utilizando um paquímetro (Mitutoyo, Japão). Para medir o perímetro externo de cortes transversais de cada modelo foi selecionado um modelo de cada grupo de quinze corpos de prova. Este modelo foi seccionado e seu perímetro externo comparado com as medições do modelo CAD. Os resultados mostraram que conforme o ângulo dos prismas ficava mais agudo, as impressoras não conseguiam imprimir com boa acurácia. Os limites externos dos cortes transversais de cada prisma alteravam conforme seu posicionamento diferente em cada uma das impressoras. O autor concluiu que o tipo de impressora e o direcionamento da impressão devem ser levados em consideração quando é necessário a impressão de modelos com ângulos agudos.

Eftekhari Ashtiani et al. (2018) realizaram um estudo comparativo sobre a acurácia de restaurações intra coronárias confeccionadas pelo método convencional e por meio da impressão 3D. Um molar foi utilizado para a realização de um preparo de onlay que foram confeccionadas de três maneiras distintas. No primeiro grupo (CC) as onlays foram confeccionadas após a moldagem do dente preparado e fabricação a partir de um padrão de resina. No grupo CP, as onlays foram feitas após a moldagem convencional, escaneamento com o escâner de bancada Ceramill map 400 (Aman Girback) e impressão 3D da restauração com a impressora Micro plus Hi-Res (Envision TEC). No terceiro grupo (IP), as onlays foram confeccionadas após o escaneamento intra-oral Trios 3 IOS, (3Shape) e impressão do arquivo digital em um padrão de resina. Cada grupo teve dez corpos de prova, totalizando trinta corpos e prova em três grupos (n=30). Para analisar a adaptação das onlays confeccionadas, foi utilizado a técnica da réplica, na qual a peça protética é instalada no dente

preparado com o uso de silicone leve. Cada película de silicone foi analisada em oito regiões. Os resultados indicaram que não ocorreram diferenças significativas na adaptação das margens gengivais das onlays nos três grupos avaliados. Porém, ocorreram diferenças significativas foram observadas nas regiões pulpar e lingual, nos três grupos. Ao se comparar as discrepâncias absolutas entre os grupos, foi observado que somente os grupos CC e CP apresentaram diferenças significativas entre eles. Os autores concluíram que o método convencional produziu onlays com maior acurácia que a impressão 3D, apesar que os três grupos fornecerem onlays com adaptação marginal dentro do patamar clinicamente aceitável. Não ocorreram diferenças significativas na acurácia das onlays ao se comparar os grupos que utilizaram a impressão 3D. As discrepâncias observadas foram mais relacionadas com o uso da impressora 3D.

Park e Shin (2018) compararam a acurácia de modelos obtidos por meio convencional e impressos por impressoras 3D. O modelo mestre foi fabricado por meio da fresagem de um bloco de resina. Este modelo foi moldado com silicone de adição e dez modelos de gesso do tipo IV foram fabricados. Foi utilizado o escâner de bancada 5 series (Dental Wings), que realizou os escaneamentos do modelo mestre, e os arquivos digitais foram convertidos para o formato STL. Foram utilizadas as impressoras 3D PolyJet Objet Eden 260V (POLYJET) (Stratasys), impressora com o funcionamento por Digital light processing com polimerização com luz ultra violeta e LED ProMaker D35 (DLP UV/LED) (Prodways) e a impressora com o funcionamento por Digital light processing com polimerização com luz ultra violeta apenas LC - 3Dprint (DLP UV) (NextDent), para realizar a impressão dos modelos. Foram obtidos dez modelos para cada uma das impressoras. Todos os modelos (impressos e de gesso) foram escaneados para a realização das medições comparativas com o modelo mestre, por meio do programa Geomagic Qualify v12 Raindrop (Geomagic), que realizou a sobreposição das imagens. A partir desta sobreposição de imagens foram observados as possíveis mudanças volumétricas dos modelos. Os resultados indicaram que os modelos impressos e os modelos de gesso apresentaram diferenças significativas. No geral as discrepâncias dos modelos de gesso foram de 0,021mm. Os modelos impressos dos três grupos apresentaram discrepâncias de 0,046mm (POLYJET), 0,043mm (DLP UV/LED) e 0,039mm (DLP UV). A impressora com o princípio de funcionamento DLP UV apresentou as menores mudanças volumétricas,

dentro do grupo dos modelos impressos. Os autores concluíram que os modelos obtidos pelo método convencional são mais precisos que os modelos impressos.

2.6 Estudos sobre a percepção e utilização da tecnologia de escaneamento intra-oral, tecnologia CAD/CAM, impressão 3D e suas tendências

A utilização da Tecnologia de escaneamento de modelos de gesso por meio de um escâner de bancada ou escanear o preparo dentário diretamente, utilizando um escâner intra-oral, implicou em mudanças significativas na rotina clínica do cirurgião dentista, assim como na percepção dos pacientes em receber um tratamento utilizando estas novas tecnologias. A utilização dos arquivos de escaneamento no procedimento de confecção de próteses pelo método CAD/CAM também trouxe uma nova tendência a ser observada na Odontologia restauradora.

Bhambhani et al. (2013) publicaram um artigo de revisão no qual ilustrou o papel da “digitalização” da Odontologia e a sua influência na modernização da Prótese Dentária. Foi realizada uma busca nas bases de dados Pubmed e Cochrane reviews com as seguintes palavras chaves: Digitalização em Odontologia, tecnologia digital, CAD/CAM, tecnologia virtual, desenvolvimentos recentes, dentre outras. Os autores coletaram os artigos de maneira independente e qualquer divergência era resolvida em discussões entre os autores. Os artigos que abordassem os pontos prós e contras em relação à tecnologia digital aplicada na prótese dentária, eram escolhidos. Os resultados foram baseados na interpretação dos artigos selecionados. Pôde-se observar que a tecnologia aplicada na Prótese dentária com a utilização do método CAD/CAM para confecção das próteses proporcionou um impacto na motivação do paciente, conveniência e facilidade para o cirurgião dentista. A utilização da tecnologia de prototipagem rápida e a técnica de estereolitografia para as próteses maxilofaciais, mostrou uma grande previsibilidade, promovendo menos tempo no tratamento do pacientes. O autor descreve ainda a importância e a vasta aplicação da tecnologia na motivação do paciente, como na utilização de câmera intra-orais para visualização dos problemas bucais do paciente e também o uso de programas educativos para cessação do fumo por exemplo. O autor descreve os benefícios da utilização da tecnologia no que diz respeito à digitalização dos procedimentos de moldagens, que

evitam o desconforto do paciente, facilitam a à biossegurança e agilizam o processo de confecção das próteses com a aplicação da tecnologia CAD/CAM. O autor concluiu que a tecnologia aplicada na área de Prótese Dentária, facilitou o diagnóstico e planejamento do tratamento, diminuiu o número de sessões para a confecção de próteses, o que aumenta a motivação do paciente. Entretanto, o maior obstáculo atualmente são os custos que ainda impedem uma utilização em massa por parte dos profissionais. E ainda são necessários cursos de capacitação para os profissionais utilizarem esta nova tecnologia.

Yuzbasioglu et al. (2014) realizaram uma pesquisa clínica sobre a percepção dos pacientes, em relação ao conforto e preferência, do procedimento de moldagem convencional utilizando o material de moldagem Impregum F (3M ESPE), comparando com o escaneamento intra-oral utilizando o escâner Cerec Omnicam (Sirona). Um grupo de vinte e quatro pacientes foi submetido aos dois tipos de técnicas e sempre após a realização do procedimento era feito uma pesquisa por meio de um questionário, analisando as preferências do paciente em relação a cada uma das técnicas. Os pacientes relataram que o procedimento realizado com o escaneamento intra-oral foi mais confortável, quando comparado com os procedimentos convencionais. Os autores concluíram que o processo de escaneamento intra-oral é um procedimento que demanda menos tempo para a sua realização e que também os pacientes preferiram este procedimento em relação aos procedimentos convencionais de moldagem.

Schepke et al. (2015) realizaram um estudo *in vivo* que analisou a percepção e sensação do paciente e o tempo de trabalho de duas técnicas de moldagem, a convencional e a digital realizada por meio do escaneamento intra-oral. Cinquenta pacientes com a ausência de um pré molar foram selecionados para o estudo. O tratamento consistiu na colocação de implante. Após três meses da instalação do implante, foram realizadas moldagens do paciente, utilizando o material Impregum (3M ESPE) e também realizou-se escaneamento intra-oral de arco total com a utilização do escâner intra-oral Cerec Omnicam (Sirona). Nesta fase o paciente respondeu um questionário padrão, no qual expressou suas opiniões em relação à alguns aspectos dos procedimentos como, inconveniência, falta de ar, receio de ter que repetir o processo e sensação de desamparo durante o processo. Todos os pacientes foram questionados sobre qual procedimento eles preferiram. As diferenças

entre as moldagens e escaneamentos realizadas na mandíbula e maxila também foram avaliadas. Foram encontradas diferenças significativas, a favor do escaneamento intra-oral em todos os aspectos das opiniões pessoais dos pacientes. Um total de 80% dos pacientes preferiram o procedimento de escaneamento à moldagem convencional. O tempo médio do escaneamento intra-oral foi de 6 minutos e 39 segundos quando comparado com 12 minutos e 13 segundos para o processo convencional ($p < 0.001$). O autor concluiu que o escaneamento intra-oral leva menos tempo que o método convencional para a realização de uma reabilitação de um elemento unitário sobre implante. De maneira geral o escaneamento intra-oral mostrou maior conforto em relação aos aspectos inconveniência, falta de ar, receio de ter que repetir o processo e sensação de desamparo durante o processo, quando comparado com o método convencional.

Gjelvold et al. (2016) realizaram um estudo clínico randomizado no qual compararam a utilização dos métodos de moldagem convencional e o método digital em pacientes, para a confecção de coroas protéticas. Foram analisados especificamente o tempo, os resultados para o paciente e a qualidade do trabalho realizado pelos dois métodos. Quarenta e dois pacientes que necessitavam de coroas unitárias ou próteses fixas foram selecionados para a realização do estudo. Estes pacientes foram alocados randomicamente em cada método de moldagem, o convencional, utilizando a técnica de moldagem com afastamento gengival e utilização do Poliéter Impregum Penta (3M ESPE, EUA) como material de moldagem, ou método digital, utilizando o escâner intra-oral Trios (3Shape, Dinamarca). O tempo de trabalho e a satisfação do paciente foram avaliados pela escala VAS e a qualidade dos trabalhos protéticos foram comparados entre os dois métodos utilizados no estudo. Os resultados mostraram que o tempo médio total para a realização dos trabalhos utilizando o método convencional foi mais demorado, quando comparado com o método digital, com diferenças estatisticamente significativas. Esta diferença foi observada também na medição do tempo médio para a realização do procedimento específico da moldagem, no qual o método convencional também foi mais demorado que o método digital, também com diferenças estatisticamente significativas. A escala VAS indicou que a dificuldade enfrentada pelos dentistas para realizar o método digital de moldagem foi menor que o método convencional. O grau de desconforto relatado pelos pacientes também mostrou uma vantagem significativa para o método digital.

Os contatos oclusais indicaram que o método digital de moldagem proporcionou resultados melhores que o método convencional. O autor concluiu que o método digital de moldagem mostrou uma maior eficiência quando comparado com o método convencional de moldagem.

Fernandez et al. (2016) realizaram um estudo sobre a aplicação da tecnologia CAD/CAM e suas tendências no ensino na graduação e pós graduação em Departamentos de Prótese dentária em faculdades de Odontologia dos Estados Unidos. Uma pesquisa eletrônica foi realizada em 52 departamentos de prótese dentária de faculdades de Odontologia dos Estados Unidos e 50 diretores de programa de pós graduação. A pesquisa consistia em 20 perguntas que levaram aproximadamente quinze minutos para serem respondidas. A porcentagem de respostas foi de 63% para os Departamentos de prótese e de 44% para os diretores. Todos os diretores dos programas de pós graduação e os departamentos de Prótese que participaram da pesquisa afirmaram que estavam conscientes da existência desta tecnologia para aplicação na confecção de próteses. Mais da metade dos programas de pós graduação incorporaram esta tecnologia no seu currículo, comparado com apenas 12% dos departamentos de Prótese dentária, dos cursos de Graduação. Atualmente somente 10% dos casos são conduzidos utilizando esta tecnologia, tanto na graduação como na Pós graduação. E ambos os cursos pretendem inserir nos seus currículos o uso da tecnologia CAD/CAM na fabricação de próteses totais nos próximos quatro anos.

Alharbi et al. (2017) realizaram uma análise crítica sobre a aplicação da tecnologia de manufatura aditiva (MA), ou impressão 3D, na Prótese Dentária e evidenciar a influência de fatores técnicos envolvidos em diferentes tipos de tecnologias de manufatura aditiva. Foi realizada uma busca nas bases de dados Medline, Embase e Google acadêmico com a utilização das seguintes estratégias de busca. Foram utilizados os seguintes termos: (Prosth* or Restoration) and (Prototype or Additive Manufacture* or Computer* or 3D-print* or CAD/CAM) and (Dentistry or Dental). O critério de seleção foi qualquer artigo escrito em Inglês que utilizou a tecnologia de manufatura aditiva (MA) em Prótese Dentária, desde 1990 até Fevereiro de 2016. Os resultados mostraram que a partir de uma amostra inicial de 4290 artigos encontrados, 33 eram relevantes. Destes 33, três eram narrações descritivas sobre o assunto, dezoito eram estudos in-vitro e doze eram estudo clínicos in-vivo. Foi

observado que diferentes tipos de tecnologias de MA foram aplicadas na Prótese Dentária, direta e indiretamente, para a confecção de copings metálicos para Prótese fixa, armações para Prótese Parcial Removível e padrões de resina para posterior fundição e obtenção de copings metálicos. A aplicação da MA influenciou na qualidade geral, propriedades mecânicas das peças impressas, custos e tempo de manufatura. Os autores concluíram que a MA é promissora e oferece novas perspectivas de uso na Prótese Dentária. Entretanto, a sua aplicação ainda é limitada. É necessário um conhecimento mais profundo destas limitações e do desenvolvimento dos materiais antes de considerar a manufatura aditiva um método aceitável para a fabricação de próteses dentárias.

Lim et al. (2018) realizaram um estudo que avaliou a influência da experiência do operador que realiza o escaneamento intra-oral na acurácia (repetibilidade e semelhança) dos arquivos digitais obtidos. Vinte técnicos em higiene dental com mais de três anos de experiência na clínica odontológica foram recrutados para aprender a manusear dois tipos de escâneres intra-orais. Todos eles realizaram o escaneamento dos pacientes dez vezes durante o período de aprendizado. A repetibilidade foi calculada observando a discrepância média da sobreposição dos dez arquivos digitais obtidos após os escaneamentos realizados pelos técnicos em higiene dental. A semelhança foi analisada por meio da sobreposição dos dez escaneamentos realizados, nos arquivos escaneados das moldagens realizadas nos pacientes voluntários (n= 10). As imagens adquiridas foram analisadas utilizando um programa de análises 3D. Os resultados mostraram que a repetibilidade do escâner Trios (3Shape) (52.30 μ m) foi melhor que a repetibilidade do escâner iTero (Cadent) (60.46 μ m). O escâner iTero mostrou uma melhora na semelhança com o aumento da experiência no seu manuseio, o que não ocorreu no escâner Trios. Ao se levar em consideração o local do escaneamento (maxila ou mandíbula), o aumento da experiência no manuseio do escâner iTero, levou a uma melhora no escaneamento da maxila, o que não ocorreu no escaneamento da mandíbula. Neste caso não ocorreu uma melhora na qualidade do escaneamento com o aumento da experiência no uso do escâner. Os autores concluíram que foi necessário muitas sessões de treinamento para aperfeiçoar a experiência para o uso dos escâneres, para uma utilização clínica efetiva. O escâner intra-oral Trios apresentou uma semelhança e repetibilidade

melhores que o escâner intra-oral iTero e foi menos influenciado por fatores como a experiência do operador, ou a região escaneada.

3 PROPOSIÇÃO

Este trabalho teve como objetivo comparar a acurácia de modelos impressos por duas impressoras 3D, a partir do escaneamento de duas marcas de escâneres de uso intra-oral e de modelos de gesso obtidos por moldagem convencional, a partir de um manequim odontológico utilizado como padrão.

Foi analisado também a influência dos sítios de medições na acurácia geral dos modelos impressos e de gesso, assim como a influência do tipo de escâner e tipo de impressora nos modelos impressos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A seguinte seção teve como objetivo descrever a metodologia empregada na parte experimental deste estudo.

4.1 O modelo mestre

Foi utilizado um manequim odontológico dentado (P oclusal, Brasil) como modelo mestre. Este manequim apresenta elementos dentários íntegros, elementos com preparos dentários com finalidade protética parciais e totais. Os preparos com finalidade protética foram realizados em determinados elementos dentários (Figura 4.1).

Figura 4.1 - Modelo mestre (manequim odontológico P Oclusal)

Estes preparos foram confeccionados utilizando referência bibliográfica específica (Saito, 1999). O elemento 11 apresentou um preparo do tipo metal free, o elemento 12 apresentou um preparo para coroa metalocerâmica. Os elementos 14 e 15 apresentaram preparos de coroas parciais do tipo 4/5. O elemento 21 apresentou um preparo para coroa metalocerâmica. Os elementos 24 e 25 apresentaram preparos para coroas do tipo metalocerâmicas. O elemento 26 apresentou um preparo do tipo

4/5 e o elemento 27 apresentou um preparo para coroa parcial do tipo 7/8. Os outros elementos dentários mantiveram-se hígidos.

4.2 Confeção da moldeira individual

O Manequim odontológico (modelo mestre), serviu de referência para a confecção de uma moldeira individual, para a padronização das moldagens realizadas. Para isso foi realizado um alívio na região que foi moldada, utilizando duas lâminas de cera número 7 sobrepostas com aproximadamente 2,5 mm de espessura. Este alívio foi feito com o objetivo de padronizar a espessura de material de moldagem utilizado.

Em seguida este alívio foi posicionado sobre a área de interesse, que foi moldada. Para isso a lâmina dupla foi plastificada levemente e posicionada sobre o modelo. O alívio de cera sete abrangeu toda a região do palato do manequim até recobrir a região de interesse, correspondente à região da gengiva inserida do manequim. (Figura 4.2).

Figura 4.2 - Alívio de cera na região de interesse

Em seguida o modelo mestre e o alívio em cera número 7 posicionado foram isolados com a utilização de um isolante de modelos Cel lac (SSWhite, Brasil) para a confecção da moldeira individual. Esta moldeira foi confeccionada com uma espessura uniforme de resina acrílica incolor. A figura 4.3 mostra a moldeira finalizada, que toca a base do modelo mestre em três pontos (dois pontos posteriores e um ponto

anterior), que atuam como uma referência para o assentamento da moldeira sobre o modelo.

Figura 4.3 - Regiões de ausência de alívio da moldeira

Foi realizado a aplicação de um adesivo de silicone para moldeiras (3M ESPE, Brasil), utilizado para auxiliar na adesão do silicone de adição à moldeira individual. O adesivo foi aplicado por toda a região interna da moldeira, contemplando também a sua borda externa. Após a aplicação do adesivo para silicone aguardou-se um período de tempo de 15 minutos, conforme as especificações do fabricante (Figura 4.4).

Figura 4.4 - Moldeira concluída com detalhes da sua região interna, após a aplicação do adesivo para silicones

4.3 Técnica de moldagem

O primeiro método de obtenção de modelos físicos estudado foi a da moldagem convencional e obtenção de modelos de gesso. A técnica de moldagem utilizada foi a da dupla impressão na qual em um primeiro momento é realizada a moldagem com o material pesado com um alívio, para que em um segundo momento seja realizada a moldagem utilizando o material de maior fluidez. O silicone de adição Express (3M ESPE) foi selecionado para realizar as moldagens. Foi utilizado um papel de filme de PVC do tipo Magipack (Felixpack, Brasil) para padronizar o alívio no molde. O filme de PVC foi posicionado sobre o modelo mestre (em uma situação clínica o filme PVC seria posicionado sobre o material pesado) e em seguida foi realizada a moldagem com o material pesado. A figura 4.5 ilustra o alívio posicionado sobre o modelo mestre.

Figura 4.5 - Alívio de filme de PVC posicionado sobre o modelo mestre

O silicone pesado foi manipulado segundo as especificações do fabricante e em seguida foi inserido na moldeira individual, que foi posicionada no modelo mestre até um total assentamento. A moldeira foi mantida sob pressão manual até a presa total do material de moldagem (Figura 4.6).

Figura 4.6 - Moldagem com o silicone pesado

Em seguida a moldeira foi removida e pôde-se verificar a existência de um alívio promovido pelo filme de PVC, como pôde ser observado pelo aspecto do molde, que apresentou uma falta de detalhamento das estruturas anatômicas moldadas, como ilustrado pela figura 4.7.

Figura 4.7 - Aspecto do molde de silicone pesado após a remoção do modelo mestre

O silicone de maior fluidez foi aplicado sobre a superfície oclusal dos dentes do modelo mestre. Em seguida foi aplicado o silicone na parte interna do molde de silicone pesado, ficando desta forma pronto para ser posicionado no modelo mestre (Figura 4.8).

Figura 4.8 - Inserção do silicone de maior fluidez sobre o modelo mestre e molde de silicone pesado

Depois deste processo, o molde foi posicionado novamente sobre o modelo mestre e foi realizado o assentamento da moldeira até conseguir o mesmo posicionamento no momento da moldagem somente com o silicone pesado. Após o assentamento da moldeira, observou-se o extravasamento do silicone mais fluido para fora da moldeira individual (Figura 4.9).

Figura 4.9 - Moldagem com o material de maior fluidez

Após a desinclusão da moldeira individual observou-se a riqueza de detalhes promovida pela moldagem utilizando o material de maior fluidez. A figura 4.10 ilustra esta diferença.

Figura 4.10 - Comparação das moldagens. A: moldagem com o silicone pesado e o alívio com o filme de PVC; B: moldagem com o silicone de maior fluidez, mostrando a maior riqueza de detalhes

O molde recebeu uma barreira em sua porção mais distal, para impedir um extravasamento do gesso pela região mais distal do molde. Esta barreira foi feita com o auxílio de uma fita do tipo esparadrapo (3M Nexcare Produtos) (figura 4.11). Após a finalização deste procedimento, foi aguardado um tempo de quinze minutos para que o molde fosse submetido à confecção do modelo de gesso.

Figura 4.11 - Barreira distal. A: visão oclusal; B: visão posterior

4.4 Confeção dos modelos de gesso

A confecção dos modelos de gesso, obtidos a partir das dez moldagens realizadas, foi feita utilizando o gesso especial do tipo IV de alta resistência New Fuji Rock (GC America Inc., EUA). A proporção água/pó foi de 100 g de gesso para 20 ml de água, utilizando uma balança de precisão (Marte Científica, Brasil) para pesar o gesso especial. A espatulação do gesso utilizou uma espatuladora à vácuo (Polidental, Ind. e comércio Ltda, Brasil) para evitar a inclusão de bolhas no modelo (Figura 4.12).

Figura 4.12 - Espatuladora à vácuo

Os 20 ml de água foram inseridos no recipiente da espatuladora e em seguida foram introduzidos os 100 g de gesso. Realizou-se a espatulação até que fosse obtido uma mistura homogênea após 30 segundos. Depois disso o recipiente foi colocado na espatuladora à vácuo e o processo continuou por mais 30 segundos obtendo-se a mistura pronta para ser inserida do molde (Figura 4.13).

Figura 4.13 - Manipulação do gesso. A: inclusão da água no pote da manipuladora à vácuo; B: Inclusão do gesso no pote da manipuladora a vácuo; C: manipulação manual por trinta segundos; D: Manipulação do gesso na manipuladora à vácuo; E: aspecto do gesso após manipulação à vácuo

O molde foi posicionado sobre a superfície do vibrador de gesso (VRC Equipamentos, Brasil) e o gesso manipulado foi inserido de maneira a evitar a inclusão de bolhas, colocando pequenas quantidades sempre por uma mesma região do molde (Figura 4.14).

Figura 4.14 - Inserção do gesso dentro do molde duplicador

Após este procedimento o molde permaneceu estático por quarenta minutos para a completa cristalização do gesso, segundo as especificações do fabricante. A figura 4.15 ilustra o modelo confeccionado em gesso do tipo IV após a desinclusão do molde de silicone de adição.

Figura 4.15 - Modelo de gesso finalizado

4.5 Escaneamento do modelo mestre

No segundo método, os modelos físicos foram obtidos a partir das impressões em duas impressoras 3D, a partir dos escaneamentos feitos por dois modelos diferentes de escâneres intra orais. O primeiro escâner utilizado foi o escâner intra-oral Trios Pod Colors (3shape, Dinamarca) (Figura 4.16).

Figura 4.16 - Escâner intra-oral Trios

O segundo escâner utilizado foi o escâner intra-oral Cerec Omnicam (Sirona, Alemanha) (Figura 4.17).

Figura 4.17 - A: Escâner Omnicam; B: detalhe do teclado de operação do escâner; C: detalhe da ponta ativa do escâner

Para evitar o viés relacionado ao uso do escâner no momento do escaneamento do modelo mestre, a utilização dos escâneres intra-orais Trios e Omnicam foi realizada por operadores treinados pelos fabricantes. Desta forma evitou-se possíveis erros relacionados à utilização do escâner por diversos operadores, conforme relatado na literatura. Outro ponto considerado foi a estratégia

de escaneamento adotada. Sabe-se que a forma como é realizado o escaneamento do arco do paciente pode influenciar na qualidade do arquivo digital obtido (Muller et al., 2016). Por isso, foi adotado uma estratégia de escaneamento única para os dois escâneres utilizados neste trabalho.

O escaneamento teve início na face oclusal do elemento 17 do modelo mestre e seguiu-se pelas faces oclusais dos dentes superiores até chegar na face oclusal do elemento 27, localizado na região oposta ao local do início do escaneamento. Em seguida, continuou-se o escaneamento pelas faces vestibulares dos dentes, começando pela face vestibular do elemento 27, no arco oposto ao lado do início do escaneamento, até chegar na face vestibular do elemento 17, localizado na região do início do escaneamento. Logo após, foi realizado o escaneamento das faces palatinas dos dentes, começando pela face palatina do dente 17, seguindo com o escaneamento de todas as faces palatinas dos dentes até chegar na face palatina do dente 27. Após este procedimento foi realizado a captura das áreas que não foram escaneadas na primeira leitura realizada. A figura 4.18 ilustra a estratégia utilizada pelos operadores dos escâneres Omnicam e Trios.

Figura 4.18 - Estratégia de escaneamento. A: Início do escaneamento pelas faces oclusais; B: continuação do escaneamento pelas faces vestibulares; C: Finalização do escaneamento pelas faces palatinas

4.6 Impressão do modelo baseado no escaneamento intra-oral

Após a aquisição dos arquivos de escaneamento do modelo mestre foram realizadas as impressões dos modelos. Foram utilizadas as impressoras Miicraft 125 series e a impressora Eden 500V, descritas a seguir.

4.6.1 Impressora Miicraft 125 series

A impressora 3D Miicraft 125 series (Miicraft, EUA) realiza a impressão pelo método DLP (Digital light processing). Neste processo existe uma resina líquida dentro de uma cuba, que é polimerizada camada por camada por meio de uma fonte de luz Ultra violeta, formando assim o modelo 3D (Dawood et al., 2015). A figura 4.19 ilustra a impressora Miicraft 125 series, utilizada na parte experimental deste estudo.

Figura 4.19 - Impressora Miicraft 125 series

Esta impressora apresenta duas partes. A primeira parte é uma base móvel superior, que contém uma plataforma de impressão, na qual os modelos estarão fixados ao final do processo. A segunda parte é uma base inferior fixa que apresenta a cuba contendo a resina líquida. A base móvel superior executa um movimento descendente mergulhando a plataforma de impressão dentro da cuba contendo a resina líquida (Figura 4.20).

Figura 4.20 - 1: Visão interna da impressora; 2: Visão interna da impressora em detalhes. A: base móvel superior; B: base inferior fixa e a cuba com a resina líquida

Existe um feixe de luz Ultra violeta por baixo da base inferior fixa, que incide na resina líquida de forma seletiva, de acordo com o projeto do modelo que está sendo impresso (Figura 4.21).

Figura 4.21 - Incidência da luz Ultra violeta no processo de impressão do modelo. A: detalhe da incidência da luz Ultra violeta para polimerização da camada do modelo, conforme o momento da impressão, visualizado na tela do computador (B)

Esta luz Ultra violeta é responsável pela polimerização da resina líquida, formando o modelo que está sendo impresso. Após a polimerização de cada camada, a base móvel superior realiza um movimento ascendente.

Este procedimento é repetido diversas vezes, camada por camada, até a conclusão da impressão do modelo. Este modelo de impressora é capaz de imprimir modelos 3D de maneira a priorizar a rapidez da impressão, em detrimento de uma queda na qualidade do modelo impresso, ou ainda, realizar uma impressão com maior qualidade, com uma impressão mais demorada. A espessura de camada utilizada no estudo foi de 5 μ m, para que desta forma a qualidade do modelo fosse a melhor possível. A impressão de um conjunto de dois modelos na posição horizontal levou aproximadamente duas horas.

Após a conclusão da impressão, os modelos foram submetidos a um processo de limpeza em álcool 99%, para remoção de resíduos de resina. Em seguida, foi realizada a remoção dos modelos da plataforma de impressão. Após este processo o modelo foi transferido para o polimerizador de modelos Visio Beta Vario® (3M, Brasil) que realizou a polimerização ou cura final do modelo, aumentando a sua resistência. Cada conjunto de dois modelos permaneceram por 14 minutos dentro do polimerizador.

Foram impressos dez modelos a partir de dez escaneamentos diferentes feitos com cada um dos escâneres testados, totalizando vinte impressões (figura 4.22)

Figura 4.22 - Modelo impresso concluído (impressora Miicraft 125 series)

4.6.2 Impressora Eden 500V

A segunda impressora utilizada neste estudo foi a impressora Eden 500V (Stratasys, EUA). A figura 4.23 ilustra a impressora Eden 500V.

Figura 4.23 - Impressora Eden 500V

Fonte: monoist.atmarkit.co.jp

Esta impressora realiza a impressão pelo método Polyjet®. Neste método existem reservatórios contendo uma resina que ao ser injetada sobre a plataforma de impressão é imediatamente polimerizada por meio de luz Ultra violeta, formando assim, cada camada do modelo (Dawood et al., 2015). A figura 4.24 ilustra a plataforma de impressão e o princípio de funcionamento da impressora, com destaque para o mecanismo de polimerização da resina injetada sobre a plataforma de impressão.

Figura 4.24 - Princípio de funcionamento da impressora 3D, com a polimerização da resina líquida com luz ultra violeta. A: plataforma de impressão; B: reservatório de resina; C: Feixe de luz ultravioleta

Este modelo de impressora é capaz de imprimir até 50 modelos físicos com camadas de resina de 16µm de espessura. Os modelos utilizados neste estudo foram impressos em cinco impressões distintas, com a impressão de dois modelos por vez. Ou seja, em uma bandeja que comporta até 50 modelos eram adicionados dois modelos do estudo e os outros 48 modelos eram de outros trabalhos da empresa. Este processo foi feito cinco vezes para obter os dez modelos. Este processo foi feito para cada um dos escâneres. A impressão de um conjunto de cinquenta modelos impressos na posição horizontal levou aproximadamente cinco horas e trinta minutos (Figura 4.25).

Figura 4.25 - Impressão de múltiplos modelos

Após o término da impressão os modelos foram removidos da bandeja de impressão com a utilização de uma espátula e foi realizada a limpeza dos modelos através de um jateamento de água, imersão em uma solução de 1% de Hidróxido de Sódio e água por um período de duas horas e lavagem com água corrente.

Neste tipo de tecnologia de impressão não existe o procedimento de polimerização final do modelo, uma vez que isso ocorre durante o processo de impressão. Foram impressos dez modelos a partir dos escaneamentos do escâner intra-oral Trios e dez modelos a partir dos escaneamentos do escâner intra-oral Omnicam. A figura 4.26 ilustra o modelo concluído.

Figura 4.26 - Modelo impresso concluído (impressora Eden 500V)

4.7 Grupos de estudo e fatores do estudo

A parte experimental deste projeto analisou dois tipos de impressoras 3D (Eden 500 V e Miicraft 125 series) e dois tipos de escâneres intra-orais (Trios e Omnicam), comparando os modelos impressos por cada um destes métodos com os modelos de gesso, obtidos a partir do método convencional de moldagem. O modelo de referência foi o manequim odontológico.

Foram formados cinco grupos experimentais com dez modelos cada (n=10) para a realização das medidas. São eles:

- 1- Grupo experimental 1 (G1): modelos impressos com a impressora Eden 500V a partir do escaneamento intra-oral utilizando o escâner Trios;
- 2- Grupo experimental 2 (G2): modelos impressos com a impressora Eden 500V a partir do escaneamento intra-oral utilizando o escâner Omnicam;
- 3- Grupo experimental 3 (G3): modelos impressos com a impressora Miicraft 125 series a partir do escaneamento intra-oral utilizando o escâner Trios;
- 4- Grupo experimental 4 (G4): modelos impressos com a impressora Miicraft 125 series a partir do escaneamento intra-oral utilizando o escâner Omnicam;
- 5- Grupo experimental 5 (G5): modelos de gesso obtidos a partir da moldagem com silicone de adição obtenção do modelo de gesso especial do tipo IV.

4.8 Métodos de análise comparativa dos modelos

Este estudo realizou medições comparativas dos modelos dos cinco grupos experimentais (G1, G2, G3, G4 e G5), que foram realizadas por meio de medições lineares em regiões determinadas nos modelos. Estas medições foram comparadas nas mesmas regiões do modelo mestre, que serviram como referência. Foram realizadas medições em seis sítios, descritas a seguir:

Sítio de medição 1 (M1): Distância entre as faces vestibulares dos elementos dentais 17 e 27 (Figura 4.27).

Figura 4.27 - M1: distância entre a face vestibular do elemento 17 e a face vestibular do elemento 27

Sítio de medição 2 (M2): Distância entre a parede distal da face vestibular dos elementos 13 e 23 (Figura 4.28).

Figura 4.28 - M2: distância entre a parede distal da face vestibular dos elementos 13 e 23

Sítio de medição 3 (M3): Distância entre a face distal do elemento 17 e face mesial do elemento 13 (Figura 4.29).

Figura 4.29 - M3: distância entre a face distal do elemento 17 e face Mesial do elemento 13

Sítio de medição 4 (M4): Altura da cúspide méso vestibular do elemento dental 16 (Figura 4.30).

Figura 4.30 - M4: distância linear da altura da cúspide méso vestibular do elemento dental 16

Sítio de medição 5 (M5): altura cérvico incisal vestibular do preparo para coroa total do elemento dental 21 (Figura 4.31).

Figura 4.31 - M5: altura do preparo do dente 21

Sítio de medição 6 (M6): Distância entre as paredes axiais mesial e distal do preparo para coroa total do elemento dental 21 (Figura 4.32).

Figura 4.32 - M6: largura mesio distal do preparo do dente 21

4.9 Máquina de medição Quick Scope

Este estudo utilizou uma máquina de medição por imagem denominada Quick Scope (Mitutoyo®, Japão) (Figura 4.33), para realizar as medições dos modelos físicos. Esta máquina faz a captura de imagens do modelo físico e realiza as medições, a partir da imagem ampliada do modelo físico. Seu sistema de câmeras é policromático e determina os limites da região a ser medida por meio de diferenças de contraste das imagens, com uma exatidão de 2,0 μm .

Figura 4.33 - Máquina de medição Quick Scope

Esta máquina de medição apresenta uma mesa de coordenadas com dimensões de 200X250mm, na qual o modelo físico é posicionado para que sejam feitas as capturas das imagens. O programa QSPAK (Mitutoyo®, Japão) gerencia este equipamento e possui as ferramentas que realizam as medições dos modelos físicos. Existe também uma câmera que realiza a captura das imagens do corpo de prova (Figura 4.34).

Figura 4.34 - mesa de coordenadas e a câmera de captura de imagens

4.9.1 Sistema de lentes e iluminação da Quick Scope

A máquina apresenta dois tipos de iluminação. A iluminação anelar, em LED, ilumina o modelo físico de maneira total e a iluminação coaxial sai de dentro da lente e incide na superfície da peça de maneira mais pontual (Figura 4.35).

Figura 4.35 - Iluminação da Quick Scope. A: luz anelar; B: luz coaxial

Esta máquina apresenta um sistema de ampliação de mudança fixa, por meio de mudança do tipo de lente, que amplia a imagem obtida, ou seja, sem a utilização de um *zoom* óptico, o que melhora a definição da imagem. A utilização do sistema de lentes, da iluminação e dos recursos do programa QSPAK possibilitaram a formação de uma imagem favorável para as medições.

4.9.2 Ferramenta de medição Semicírculo de três pontos da máquina Quick Scope: princípio de funcionamento

A máquina apresenta diversas ferramentas de medição à disposição do operador, desta forma, foi possível executar medições de maneira individualizada, de acordo com o formato do modelo físico. A ferramenta selecionada para a realização das medições foi o semicírculo com três pontos. Esta ferramenta se mostrou mais adequada para este estudo devido à forma arredondada dos dentes, gengiva e outros detalhes anatômicos dos corpos de prova examinados. O exemplo a seguir (medição M2) explicou o princípio de funcionamento desta ferramenta de medição.

O operador seleciona o local de interesse para realizar a medição (parede distal da face vestibular do elemento 23), criando um campo de abrangência neste local. Dentro deste campo de abrangência, o programa determina os pontos de medição. A figura 4.36 ilustra a ferramenta selecionada para realizar as medições dos corpos de prova

Figura 4.36 - Ferramenta de medição semicírculo de três pontos: A: pontos de medição (pontos verdes); B: campo de abrangência

Após a determinação dos pontos de medição dentro do campo de abrangência, a ferramenta de medição determina um círculo virtual nesta região e o programa identifica o ponto mais externo ou mais alto.

Em seguida o operador direciona a câmera para região da parede distal da face vestibular do elemento 13. O operador seleciona mais uma vez o campo de abrangência e o programa identifica o pontos de medição mais externo ou mais alto, dentro do campo de abrangência. Uma vez determinado os pontos mais externos do lado esquerdo (elemento 23) e direito (elemento 13), é determinada a distância linear entre estes dois pontos. A figura 4.37 ilustra o princípio de funcionamento da ferramenta de medição utilizada neste estudo.

Figura 4.37 - Sequência do princípio de medição linear das regiões de interesse. A: definição do campo de abrangência; B: círculo virtual ao redor dos pontos de medição; C: definição do ponto mais externo (ponto preto); D definição da distância linear entre os dois pontos

4.9.3 Medições do modelo mestre: posicionamento dos modelos físicos

Por se tratarem de modelos físicos compostos por diferentes tipos de material como por exemplo a resina da impressora Eden 500v, resina da impressora Miicraft125 series, gesso e a resina do modelo mestre, foi necessário um ajuste individual para determinar o melhor contraste de luz para realizar a medição.

Também foi necessário posicionar os modelos físicos de três maneiras, para possibilitar a realização das medições. O modelo mestre foi utilizado para ilustrar a sequência das fotos de posicionamento e medições realizadas nos seis sítios de medições. Este protocolo foi aplicado em todos os grupos experimentais, com o ajuste de luminosidade e contraste individualizado para cada grupo experimental. Inicialmente o corpo de prova foi colocado sobre a bancada de posicionamento, alinhado em relação ao esquadro (Figura 4.38).

Figura 4.38 - Posicionamento do Modelo mestre para as medições dos sítios de medição 1, 2 e 3

O posicionamento obtido na figura 4.38 foi utilizado para a realização das medições do sitio de medição 1, sitio de medição 2 e sitio de medição 3. A figura 4.39 ilustra a medição do sitio de medição 1, a figura 4.40 ilustra a medição o sitio de medição 2 e a figura 4.41 ilustra a medição o sitio de medição 3.

Figura 4.39 - Sítio de medição 1 no modelo mestre. A: face vestibular do elemento 17; B: face vestibular do elemento 27

Figura 4.40 - Sítio de medição 2 no modelo mestre. A: parede distal da face vestibular do elemento 13; B: parede distal da face vestibular do elemento 23

Figura 4.41 - Sítio de medição 3 no Modelo mestre. A: Face Distal do elemento 17; B: Face Mesial do elemento 13

O posicionamento do modelo mestre foi alterado para a realização da medição do sitio de medição 4, sendo utilizado um suporte centralizador (Mitutoyo®, Japão), para posicionar o modelo mestre e possibilitar a medição (Figura 4.42). A figura 4.43 ilustra a medição o sitio de medição 4.

Figura 4.42 - Posicionamento do modelo mestre para a medição do sítio de medição 4

Figura 4.43 - Sítio de medição 4. A: porção mais alta da face oclusal da cúspide vestibular do elemento 16; B: região cervical do elemento 16

A figura 4.44 mostra o posicionamento do modelo mestre na mesa de coordenadas para possibilitar a realização das medições dos sítios de medição 5 e 6. A figura 4.45 ilustra a medição o sitio de medição 5 e a figura 4.46 ilustra a medição o sitio de medição 6.

Figura 4.44 - Posicionamento do modelo mestre para as medições dos sítios de medições 5 e 6

Figura 4.45 - sítio de medição 5. A: borda incisal do preparo do dente 21; B: Região cervical do dente 21

Figura 4.46 - Sítio de medição 6. A: Parede axial mesial do preparo do dente 21; B: Parede axial distal do preparo do dente 21

4.10 Hipótese do estudo

A hipótese nula é a de que os métodos de obtenção dos modelos por meio da impressão 3D gerou modelos cujas medições lineares nos seis sítios de medição não apresentaram diferenças significativas com o modelo mestre. Por se tratar de dois tipos de escâneres e dois tipos de impressoras 3D, as hipóteses nulas para este método de obtenção de modelos foram organizadas da seguinte forma:

h0#1: As medições lineares dos modelos impressos com a impressora Eden 500V, a partir do escaneamento intra-oral utilizando o escâner Trios (Grupo experimental 1) não apresentaram diferenças significativas com o modelo mestre;

h0#2: As medições lineares dos modelos impressos com a impressora Eden 500V, a partir do escaneamento intra-oral utilizando o escâner Omnicam (Grupo experimental 2) não apresentaram diferenças significativas com o modelo mestre;

h0#3: As medições lineares dos modelos impressos com a impressora Miicraft 125 series, a partir do escaneamento intra-oral utilizando o escâner Trios (Grupo experimental 3) não apresentaram diferenças significativas com o modelo mestre;

h0#4: As medições lineares dos modelos impressos com a impressora Miicraft 125 *series*, a partir do escaneamento intra-oral utilizando o escâner Omnicam (Grupo experimental 4) não apresentaram diferenças significativas com o modelo mestre.

A quinta hipótese nula (h0#5) do presente estudo diz respeito à comparação das medições lineares dos modelos físicos de gesso com o modelo mestre. Portanto, a quinta hipótese nula foi descrita da seguinte maneira:

hO#5: As medições lineares dos modelos obtidos por meio da moldagem com silicone de adição e obtenção do modelo de gesso especial do tipo IV não apresentaram diferenças significativas com o modelo mestre.

4.11 Análise estatística

Esta seção teve o objetivo de apresentar os testes estatísticos utilizados neste estudo.

4.11.1 Análise dos modelos dos grupos experimentais: definição de Acurácia, Semelhança e Repetibilidade

Este estudo analisou qual método de obtenção de modelos apresentou a melhor Acurácia (Accuracy) em relação ao modelo mestre. Para determinar a acurácia de cada método, foram necessários dois tipos de análises. Em um primeiro momento foi feita a análise da Semelhança (Trueness), que identificou qual método forneceu modelos com medições mais semelhantes, ou menos discrepantes, em relação ao modelo mestre. Em seguida, foi feita a análise da Repetibilidade (Precision), no qual foi observado qual método forneceu modelos cujas medidas foram mais próximas entre si, dentro de um mesmo grupo experimental.

4.11.2 Análise da discrepância dos modelos dos grupos experimentais em relação ao modelo mestre

A análise dos resultados obtidos em cada sítio de medição de cada grupo experimental foi relacionada com as medições obtidas nos seis sítios de medições do modelo mestre (M1, M2, M3, M4, M5 e M6), que foram utilizadas como o padrão de referência. Os valores absolutos de cada sítio de medição obtidos nos grupos experimentais foram subtraídos dos valores absolutos de cada sítio de medição do modelo mestre. Desta forma foi possível relacionar os valores dos seis sítios de medições dos grupos experimentais com os valores do modelo mestre.

O resultado obtido deste cálculo gerou valores de discrepância de cada sítio de medição. Portanto, neste caso foi analisado a Semelhança dos modelos dos cinco grupos experimentais em relação ao modelo mestre. As discrepâncias com valores positivos significaram que a região apresentou uma diferença na qual ocorreu uma dimensão maior que o observado no modelo mestre, e foi classificada de discrepância positiva. As discrepâncias com valores negativos significaram que a região apresentou uma diferença na qual ocorreu uma dimensão menor que o observado no modelo mestre, e foi classificada de discrepância negativa. O valor “zero” corresponde ao modelo mestre.

O primeiro teste estatístico utilizado foi o Teste T, que verificou se existiram diferenças significativas em relação ao modelo mestre. Esta análise permitiu avaliar se os valores de discrepâncias médias dos grupos experimentais continham o valor “zero” (modelo mestre). As situações experimentais com valores de discrepâncias que apresentaram o *p valor* menor que 0,05 não apresentam o valor “zero” no seu intervalo de confiança, apresentando diferenças significativas em relação ao modelo mestre. As situações experimentais que apresentaram o *p valor* maior que 0,05 apresentaram o valor “zero” no seu intervalo de confiança, não apresentando diferenças significativas em relação ao modelo mestre.

Em seguida foi realizada a análise de Variância de fator único (ANOVA) (Fator = Sítio de medição) para as discrepâncias de cada grupo experimental. No caso de um valor “p” significativo, a ANOVA foi complementada pelo teste de múltipla

comparação de médias (Teste de Tukey), para identificar as possíveis diferenças entre os valores de discrepâncias dos sítios de medições, dentro de um mesmo grupo experimental. Foi confeccionado um gráfico para cada grupo experimental, com os valores médios de discrepâncias, a comparação das médias de discrepâncias obtidas, assim como o intervalo de confiança de cada valor médio de discrepância. O Gráfico apresenta ainda um limite superior e inferior dentro do qual existe, segundo a literatura, uma discrepância clinicamente aceitável de $[0,30\text{mm}]$ (Murugesan et al., 2012; Park; Shin, 2018).

4.11.3 Interações relacionadas ao tipo de impressora, tipo de escâner e sítios de medições

As medições lineares realizadas abrangeram o modelo como um todo, obtendo-se assim diversos locais de medições em eixos diferentes no modelos (eixo X, eixo Y e eixo Z). Por isso, cada sítio de medição apresentou medições lineares com características diferentes entre si, por se tratarem de locais distintos de medição. Foram utilizados dois tipos de escâneres intra-orais e duas impressoras diferentes. Todos estes fatores se relacionaram e possivelmente exerceram influência nos resultados obtidos. Portanto, foi necessário analisar possíveis interações relacionadas ao tipo de impressora, ao tipo de escâner em cada um dos seis sítios de medições. O grupo experimental número cinco (G5) não foi incluído nesta análise porque os fatores impressora e escâner não fizeram parte deste grupo, uma vez que os modelos físicos foram obtidos por meio de moldagem e obtenção do modelo de gesso tipo IV.

Sendo assim, os fatores principais foram três, dispostos da seguinte maneira:

Tipo de impressora (Fator independente), em dois níveis:

- Eden 500V
- MiiCraft 125 series

Tipos de Escâner (Fator independente), em dois níveis:

- Trios
- Omnicam

Sítios de Medição (Fator independente), em seis níveis:

- Sítio de Medição 1 “M1”
- Sítio de Medição 2 “M2”
- Sítio de Medição 3 “M3”
- Sítio de Medição 4 “M4”
- Sítio de Medição 5 “M5”
- Sítio de Medição 6 “M6”

Seguindo o *design* acima proposto, foi realizada uma análise de variância para os três fatores (ANOVA de três fatores), analisando todas as possíveis interações entre os três fatores (tipo de impressora, tipo de escâner, sítios de medições). Para isso os três fatores foram combinados entre si, gerando vinte e quatro situações experimentais, a partir da combinação dos dois tipos de impressora, dois tipos de escâneres e dos seis sítios de medições, nos quatro grupos experimentais (G1, G2, G3 e G4).

Por se tratarem de vinte e quatro situações experimentais foi feita uma divisão de cada um dos quatro grupos, gerando subgrupos dentro de cada grupo, que descreveram cada situação experimental. A forma escolhida para fazer a nomenclatura dos sub grupos foi adicionar o sítios de medição em cada grupo. Por exemplo, o grupo experimental G1 envolveu o uso do escâner Trios e da impressora Eden 500V. Ao analisar o sítio de medição M1 do grupo G1 a nomenclatura para este subgrupo foi G11. Ao analisar o sítio de medição M2 do grupo G1, a nomenclatura para este subgrupo foi G12. Ao analisar o sítio de medição M3 do grupo G1, a nomenclatura para este subgrupo foi G13. Ao analisar o sítio de medição M4 do grupo G1, a nomenclatura para este subgrupo foi G14. Ao analisar o sítio de medição M5 do grupo G1, a nomenclatura para este subgrupo foi G15. Ao analisar o sítio de medição M6 do grupo G1, a nomenclatura para este subgrupo foi G16. Esta metodologia de

nomenclatura dos subgrupos foi aplicada da mesma maneira para os grupos G2, G3 e G4. A tabela 4.1 ilustra esta subdivisão:

Tabela 4.1 - Subdivisão das situações experimentais

Grupo	Sub Grupo	Escâner	Impressora	Sítio
G1	G11	Trios	Eden 500V	M1
	G12	Trios	Eden 500V	M2
	G13	Trios	Eden 500V	M3
	G14	Trios	Eden 500V	M4
	G15	Trios	Eden 500V	M5
	G16	Trios	Eden 500V	M6
G2	G21	Omnicam	Eden 500V	M1
	G22	Omnicam	Eden 500V	M2
	G23	Omnicam	Eden 500V	M3
	G24	Omnicam	Eden 500V	M4
	G25	Omnicam	Eden 500V	M5
	G26	Omnicam	Eden 500V	M6
G3	G31	Trios	MiiCraft 125 series	M1
	G32	Trios	MiiCraft 125 series	M2
	G33	Trios	MiiCraft 125 series	M3
	G34	Trios	MiiCraft 125 series	M4
	G35	Trios	MiiCraft 125 series	M5
	G36	Trios	MiiCraft 125 series	M6
G4	G41	Omnicam	MiiCraft 125 series	M1
	G42	Omnicam	MiiCraft 125 series	M2
	G43	Omnicam	MiiCraft 125 series	M3
	G44	Omnicam	MiiCraft 125 series	M4
	G45	Omnicam	MiiCraft 125 series	M5
	G46	Omnicam	MiiCraft 125 series	M6

A fim de explorar e explicar melhor, os resultados da ANOVA, principalmente a interação de três fatores Tipo de Escâner×Tipo de Impressora×Sítio de medição, ANOVAS subsequentes adicionais de dois fatores foram realizadas, a saber:

- Tipo de Impressora×Sítio de Medição para cada Tipo de Escâner, num total de duas ANOVAS de dois fatores
- Tipo de Escâner×Sítio de Medição para cada Tipo de Impressora, num total de duas ANOVAS de dois fatores.
- Tipo de Escâner×Tipo de Impressora para cada Sítio de Medição, num total de seis ANOVAS de dois fatores.

No caso de valor “p” significativa, para cada ANOVA, seja de três ou dois fatores, as análises foram complementadas pelo teste de múltipla comparação de Tukey, para identificação pontual das possíveis diferenças entre as médias observadas.

4.11.4 Análise do coeficiente de repetibilidade dos métodos de obtenção dos modelos

Foi realizada uma análise na qual foi feita a comparação das medidas repetidas nos seis sítios de medições, dentro de um mesmo grupo experimental, determinando assim a repetibilidade de cada método de obtenção dos modelos físicos. Desta forma pôde-se verificar o quanto cada método foi capaz de produzir cópias fiéis umas com as outras.

O coeficiente de repetibilidade de 95% (Bland; Altman, 1999) (Bland; Altman, 2007) foi obtido através do quadrado médio do resíduo de uma ANOVA de fator único de medida repetida, utilizando o modelo como sujeito. O coeficiente de repetibilidade significa que 95% das diferenças entre as medidas localizam-se abaixo de duas vezes o desvio-padrão da diferença, valor este representado pelo coeficiente de 95%. Ou seja, o coeficiente de repetibilidade foi calculado a partir da análise de Variância de medidas repetidas (ANOVA de medidas repetidas) em cada sítio de medição, para cada grupo estudado. A variância é obtida da dispersão de cada sítio de medição, ou

seja, quanto maior for a dispersão em um dado sítio de medição, de um determinado grupo, maior será a variância, assim como o coeficiente de repetibilidade. Logo, um coeficiente de repetibilidade maior vem de um sítio de medição de um grupo no qual ocorreu uma grande dispersão, apresentando assim, uma repetibilidade pior. E um coeficiente de repetibilidade menor, vem de um sítio de medição de um grupo no qual ocorreu uma pequena dispersão, apresentando assim, uma repetibilidade melhor.

Com a utilização dos dados da Repetibilidade, juntamente com as medições de discrepância dos modelos de cada grupo experimental em relação ao modelo mestre (semelhança), foi possível determinar a Acurácia de cada método de obtenção de modelos físicos.

5 RESULTADOS

As seguintes seções descreveram os resultados obtidos na parte experimental deste estudo.

5.1 Análise da discrepância dos modelos dos grupos experimentais em relação ao modelo mestre

A tabela 5.1 mostrou a estatística descritiva e os valores absolutos de cada sítio de medição dos grupos experimentais, obtidos após a realização das medições lineares nos seis sítios de medições (M1, M2, M3, M4, M5 e M6), em todos os grupos experimentais (G1, G2, G3, G4 e G5).

A tabela 5.2 mostrou os valores de discrepâncias para os grupos experimentais (G1, G2, G3, G4 e G5) após o cálculo de subtração das medições lineares absolutas nos seis sítios de medições (M1, M2, M3, M4, M5 e M6), das medições do modelo mestre.

A tabela 5.3 mostrou o teste T realizado para verificar se existiram diferenças significativas, dos valores médios de discrepâncias dos grupos experimentais (G1, G2, G3, G4 e G5) com o modelo mestre (Valor “zero”).

Tabela 5.1 - Parâmetros estatísticos e análise descritiva, dos dados experimentais a partir dos valores absolutos

Grupo	Escâner	Impressora	Sítio	Média	EP	DP	Var	Min	Q1	Med	Q3	Max
G1	Trios	Eden 500V	M1	59,94	0,05	0,16	0,03	59,68	59,81	59,96	60,07	60,21
			M2	38,40	0,02	0,07	0,01	38,28	38,36	38,42	38,44	38,53
			M3	40,83	0,04	0,12	0,01	40,61	40,76	40,84	40,89	41,03
			M4	7,50	0,07	0,21	0,05	7,29	7,31	7,46	7,67	7,86
			M5	8,18	0,01	0,05	0,00	8,11	8,14	8,17	8,21	8,27
			M6	5,62	0,02	0,07	0,00	5,55	5,57	5,61	5,65	5,78
G2	Omnicam	Eden 500V	M1	60,08	0,06	0,18	0,03	59,85	59,90	60,09	60,26	60,31
			M2	38,29	0,02	0,08	0,01	38,14	38,23	38,29	38,37	38,38
			M3	40,87	0,03	0,09	0,01	40,73	40,82	40,88	40,90	41,09
			M4	7,34	0,02	0,05	0,00	7,28	7,30	7,33	7,40	7,41
			M5	8,24	0,03	0,10	0,01	8,07	8,16	8,24	8,33	8,37
			M6	5,59	0,03	0,09	0,01	5,45	5,52	5,60	5,68	5,69
G3	Trios	MiiCraft 125 series	M1	59,40	0,04	0,13	0,02	59,08	59,33	59,44	59,48	59,55
			M2	38,07	0,02	0,05	0,00	38,01	38,03	38,05	38,09	38,19
			M3	40,46	0,02	0,05	0,00	40,41	40,42	40,45	40,49	40,59
			M4	7,60	0,02	0,07	0,01	7,50	7,54	7,58	7,64	7,73
			M5	8,14	0,02	0,06	0,00	8,04	8,08	8,14	8,18	8,24
			M6	5,34	0,01	0,03	0,00	5,31	5,32	5,33	5,34	5,40
G4	Omnicam	MiiCraft 125 series	M1	59,66	0,06	0,20	0,04	59,39	59,50	59,64	59,84	59,96
			M2	38,16	0,04	0,13	0,02	37,96	38,04	38,15	38,26	38,40
			M3	40,42	0,03	0,10	0,01	40,30	40,34	40,39	40,51	40,61
			M4	7,58	0,02	0,07	0,01	7,50	7,53	7,56	7,62	7,74
			M5	8,13	0,02	0,06	0,00	8,02	8,08	8,11	8,19	8,21
			M6	5,34	0,01	0,04	0,00	5,30	5,31	5,32	5,38	5,41
G5	-	-	M1	59,69	0,02	0,07	0,01	59,57	59,63	59,70	59,75	59,80
			M2	38,20	0,01	0,03	0,00	38,14	38,18	38,21	38,22	38,25
			M3	40,67	0,03	0,08	0,01	40,52	40,60	40,67	40,74	40,78
			M4	7,43	0,03	0,10	0,01	7,32	7,36	7,40	7,53	7,60
			M5	8,22	0,02	0,05	0,00	8,16	8,19	8,21	8,25	8,35
			M6	5,44	0,02	0,05	0,00	5,34	5,43	5,44	5,46	5,53

EP=Erro Padrão; DP=Desvio-Padrão; Var=Variância; Min=Mínimo; Q1 (25%)=Primeiro Quartil; Med (50%) = Mediana; Q3 (75%)=Terceiro Quartil; Max=Máximo. Unidade = mm (milímetros) Alfa=0.05

Valores absolutos da referência: M1: 59,69; M2: 38,09; M3: 40,75; M4: 7,35; M5: 8,24; M6: 5,45

Tabela 5.2 - Parâmetros estatísticos e análise descritiva, dos dados experimentais de discrepância (valor absoluto do grupo experimental – valor absoluto da referência)

Grupo	Escâner	Impressora	Sítio	Média	EP	DP	Var	Min	Q1	Med	Q3	Max
G1	Trios	Eden 500V	M1	0,25	0,05	0,16	0,03	-0,01	0,12	0,27	0,38	0,53
			M2	0,32	0,02	0,07	0,01	0,19	0,27	0,33	0,35	0,44
			M3	0,08	0,04	0,12	0,01	-0,14	0,01	0,09	0,14	0,28
			M4	0,15	0,07	0,21	0,05	-0,06	-0,04	0,11	0,32	0,51
			M5	-0,07	0,01	0,05	0,00	-0,14	-0,10	-0,08	-0,03	0,02
			M6	0,17	0,02	0,07	0,00	0,10	0,12	0,17	0,20	0,33
G2	Omnicam	Eden 500V	M1	0,40	0,06	0,18	0,03	0,16	0,21	0,40	0,58	0,63
			M2	0,20	0,02	0,08	0,01	0,06	0,15	0,20	0,28	0,29
			M3	0,12	0,03	0,09	0,01	-0,02	0,07	0,13	0,15	0,34
			M4	-0,01	0,02	0,05	0,00	-0,07	-0,05	-0,02	0,05	0,06
			M5	-0,01	0,03	0,10	0,01	-0,17	-0,08	0,00	0,09	0,13
			M6	0,15	0,03	0,09	0,01	0,01	0,07	0,15	0,23	0,24
G3	Trios	MiiCraft 125 series	M1	-0,29	0,04	0,13	0,02	-0,60	-0,36	-0,25	-0,21	-0,14
			M2	-0,02	0,02	0,05	0,00	-0,08	-0,05	-0,04	0,00	0,10
			M3	-0,29	0,02	0,05	0,00	-0,34	-0,33	-0,30	-0,26	-0,16
			M4	0,25	0,02	0,07	0,01	0,15	0,19	0,23	0,29	0,38
			M5	-0,11	0,02	0,06	0,00	-0,20	-0,16	-0,11	-0,06	0,00
			M6	-0,11	0,01	0,03	0,00	-0,14	-0,13	-0,12	-0,10	-0,04
G4	Omnicam	MiiCraft 125 series	M1	-0,02	0,06	0,20	0,04	-0,30	-0,19	-0,04	0,16	0,28
			M2	0,07	0,04	0,13	0,02	-0,13	-0,04	0,06	0,17	0,32
			M3	-0,33	0,03	0,10	0,01	-0,45	-0,41	-0,36	-0,25	-0,14
			M4	0,23	0,02	0,07	0,01	0,15	0,18	0,21	0,27	0,39
			M5	-0,12	0,02	0,06	0,00	-0,22	-0,17	-0,13	-0,06	-0,03
			M6	-0,11	0,01	0,04	0,00	-0,14	-0,14	-0,13	-0,07	-0,04
G5	-	-	M1	0,00	0,02	0,07	0,01	-0,12	-0,06	0,02	0,06	0,11
			M2	0,12	0,01	0,03	0,00	0,05	0,09	0,13	0,14	0,16
			M3	-0,08	0,03	0,08	0,01	-0,23	-0,15	-0,08	-0,01	0,03
			M4	0,08	0,03	0,10	0,01	-0,03	0,01	0,05	0,18	0,25
			M5	-0,02	0,02	0,05	0,00	-0,08	-0,05	-0,04	0,00	0,11
			M6	-0,01	0,02	0,05	0,00	-0,11	-0,02	-0,01	0,02	0,08

EP=Erro Padrão; DP=Desvio-Padrão; Var=Variância; Min=Mínimo; Q1 (25%)=Primeiro Quartil; Med (50%) = Mediana; Q3 (75%)=Terceiro Quartil; Max=Máximo.

Unidade = mm (milímetros)

Alfa=0.05

Tabela 5.3 - Testes T para uma amostra, para os grupos experimentais

Grupos	T obt	Gl	sig (p)	Diferença	LimInf	LimSup
G11	4,96	9	7,83E-04*	0,25	0,14	0,37
G21	6,87	9	7,32E-05*	0,40	0,27	0,53
G31	-6,87	9	7,31E-05*	-0,29	-0,38	-0,19
G41	-0,34	9	0,74	-0,02	-0,17	0,12
G51	-0,04	9	0,97	0,00	-0,05	0,05
G12	13,82	9	2,29E-07*	0,32	0,26	0,37
G22	8,34	9	1,59E-05*	0,20	0,14	0,25
G32	-1,24	9	0,25	-0,02	-0,06	0,02
G42	1,61	9	0,14	0,07	-0,03	0,16
G52	11,33	9	1,26E-06*	0,12	0,09	0,14
G13	2,09	9	6,58E-02	0,08	-0,01	0,16
G23	4,13	9	2,54E-03*	0,12	0,06	0,19
G33	-17,22	9	3,39E-08*	-0,29	-0,32	-0,25
G43	-10,09	9	3,33E-06*	-0,33	-0,41	-0,26
G53	-3,21	9	1,06E-02*	-0,08	-0,14	-0,02
G14	2,22	9	0,05*	0,15	0,00	0,30
G24	-0,66	9	0,52	-0,01	-0,04	0,02
G34	10,85	9	1,8E-06*	0,25	0,19	0,30
G44	10,16	9	3,13E-06*	0,23	0,18	0,28
G54	2,59	9	0,03*	0,08	0,01	0,15
G15	-4,66	9	1,18E-03*	-0,07	-0,10	-0,03
G25	-0,18	9	0,86	-0,01	-0,08	0,07
G35	-5,13	9	6,23E-04*	-0,10	-0,15	-0,06
G45	-5,95	9	2,15E-04*	-0,12	-0,16	-0,07
G55	-1,19	9	0,27	-0,02	-0,06	0,02
G16	7,98	9	2,27E-05*	0,17	0,12	0,22
G26	5,39	9	4,40E-04*	0,15	0,09	0,21
G36	-12,33	9	6,1E-07*	-0,11	-0,13	-0,09
G46	-9,00	9	8,54E-06*	-0,11	-0,14	-0,08
G56	-0,40	9	0,70	-0,01	-0,04	0,03

T obt=Valor T obtido; gl=Graus de liberdade; Diferença=Diferença a partir de "zero"; Lim.Inf.=Limite inferior do intervalos de confiança de 95%; Lim.Sup.=Limite superior do intervalo de confiança de 95%.

Valor T tabelado (0,05;9)= |2,26|

*significante a 0,05 ou 5%

5.1.1 Análise da discrepância média do grupo experimental 1

Os resultados da discrepância média dos modelos do G1 (escâner Trios/impressora Eden 500V) indicaram que, em relação ao modelo mestre, os sítios M1 (+0,25mm), M2 (+0,32mm) e M6 (+0,17mm) apresentam valores estatisticamente maiores com intervalos de confiança (ICs) maiores que zero, e o sítio M5 (-0,07mm) estatisticamente menor, com um intervalo de confiança (IC) menor que zero. Já os sítios M3 (+0,08mm) e M4 (+0,15mm) são semelhantes ao modelo mestre (Tabela 3 – Testes T), uma vez que existiu o cruzamento dos intervalos de confiança em relação à linha do “zero”. A figura 5.1 ilustra o gráfico com os valores de discrepância média dos seis sítios de medições do grupo experimental 1.

Figura 5.1 - Gráfico com as médias das discrepâncias dos sítios de medições do grupo experimental 1, em relação ao modelo mestre

Tabela 5.4 - Análise de variância de um fator (sítios de medições), para o grupo G1

Fonte de Variação	GL	SQ	Adj SQ	Valor F	Valor-p
Sítios de medições	5	0,92	0,18	11,35	1,65E-07
Erro (Resíduo)	54	0,87	0,02		
Total	59	1,79			

GL: grau de liberdade; SQ: Soma dos quadrados; Adj SQ: Soma dos quadrados ajustada

A ANOVA (Tabela 5.4) foi significativa ($p < 0,05$) e o teste de Tukey revelou que M2^A apresentou os maiores valores e discrepância e M5^C, os menores. Os sítios M1^A, M4^{AB} e M6^{AB} foram semelhantes a M2^A e maiores que M5^C. Por fim o sítio M3^{BC} foi semelhante a M5^C e menor em relação aos demais.

5.1.2 Análise da discrepância média do grupo experimental 2

Os resultados da discrepância média dos modelos do G2 (escâner Omnicam/impressora Eden 500V) indicaram que em relação ao modelo mestre, os sítios M1 (+0,40mm), M2 (+0,20mm), M3 (+0,12mm) e M6 (+0,15mm) apresentam valores estatisticamente maiores (ICs maiores que zero), já os sítios M4 (-0,01mm) e M5 (-0,01mm) foram semelhantes ao modelo mestre (Tabela 3 – Testes T), uma vez que existiu o cruzamento dos intervalos de confiança em relação à linha do “zero”. A figura 5.2 ilustra o gráfico com os valores de discrepância média dos seis sítios de medições do grupo experimental 2.

Figura 5.2 - Gráfico com as médias das discrepâncias dos sítios de medições do grupo experimental 2, em relação ao modelo mestre

Tabela 5.5 - Análise de variância de um fator (sítios de medições), para o grupo G2

Fonte de Variação	GL	SQ	Adj SQ	Valor F	Valor-p
Sítios de medições	5	1,14	0,23	20,05	3E-11
Erro (Resíduo)	54	0,61	0,01		
Total	59	1,75			

GL: grau de liberdade; SQ: Soma dos quadrados; Adj SQ: Soma dos quadrados ajustada

A ANOVA (Tabela 5.5) foi significativa ($p < 0,05$) e o teste de Tukey revelou que M1^A apresentou os maiores valores de discrepância e M4^C e M5^C os menores. Os sítios M2^B, M3^{BC} e M6^B foram semelhantes entre si e apresentaram valores menores que M1^A. O sítio M3^{BC} foi semelhante aos sítios M4^C e M5^C.

5.1.3 Análise da discrepância média do grupo experimental 3

Os resultados da discrepância média dos modelos do G3 (escâner Trios/impressora Miicraft 125 series) indicaram que em relação ao modelo mestre, os sítios M1 (-0,29mm), M3 (-0,29mm), M4 (+0,25mm), M5 (-0,11mm) e M6 (-0,11mm) apresentam valores estatisticamente diferentes (ICs diferentes de zero). O sítio M4 (+0,25mm) apresentou valor maior que zero e os sítios M1, M3, M5 e M6, menores que zero. O sítio M2 (-0,02mm), por sua vez, apresentou valor semelhante ao modelo mestre (Tabela 3 – Testes T), uma vez que existiu o cruzamento dos intervalos de confiança em relação à linha do “zero”. A figura 5.3 ilustra o gráfico com os valores de discrepância média dos seis sítios de medições do grupo experimental 3.

Figura 5.3 - Gráfico com as médias das discrepâncias dos sítios de medições do grupo experimental 3, em relação ao modelo mestre

Tabela 5.6 - Análise de variância de um fator (sítios de medições), para o grupo G3

Fonte de Variação	GL	SQ	Adj SQ	Valor F	Valor-p
Sítios de medições	5	1,97	0,39	71,09	1,62E-22
Erro (Resíduo)	54	0,30	0,006		
Total	59	2,27			

GL: grau de liberdade; SQ: Soma dos quadrados; Adj SQ: Soma dos quadrados ajustada

A ANOVA (Tabela 5.6) foi significativa ($p < 0,05$) e o teste de Tukey revelou que, os maiores valores de discrepância, foram observados para o sítio M4^A e os menores para M1^C e M3^C. Os sítios M2^B, M5^B e M6^B, foram semelhantes entre si, e apresentaram valores intermediários entre M4^A e M1^C e M3^C.

5.1.4 Análise da discrepância média do grupo experimental 4

Os resultados da discrepância média dos modelos do G4 (escâner Omnicam/impressora Miicraft125 series) indicaram que em relação ao modelo mestre, os sítios M3 (-0,33mm), M4 (+0,23mm), M5 (-0,12mm) e M6 (-0,11mm) apresentam valores estatisticamente diferentes (ICs diferentes de zero). O sítio M4 apresentou valor maior que zero e os sítios M3, M5 e M6, menores que zero. Os sítios M1 (-0,02mm) e M2 (+0,07mm), por sua vez, apresentaram valores semelhantes ao modelo mestre (Tabela 3 – Testes T), uma vez que existiu o cruzamento dos intervalos de confiança em relação à linha do “zero”. A figura 5.4 ilustra o gráfico com os valores de discrepância média dos seis sítios de medições do grupo experimental 4.

Figura 5.4 - Gráfico com as médias das discrepâncias dos sítios de medições do grupo experimental 4, em relação ao modelo mestre

Tabela 5.7 - Análise de variância de um fator (sítios de medições), para o grupo G4

Fonte de Variação	GL	SQ	Adj SQ	Valor F	Valor-p
Sítios de medições	5	1,80	0,36	26,83	1,6E-13
Erro (Resíduo)	54	0,73	0,01		
Total	59	2,53			

GL: grau de liberdade; SQ: Soma dos quadrados; Adj SQ: Soma dos quadrados ajustada

A ANOVA (Tabela 5.7) foi significativa ($p < 0,05$) e o teste de Tukey revelou que, os maiores valores de discrepância, foram observados para o sítio M4^A e os menores para M3^D. Os sítios M1^{BC}, M2^B, M5^C e M6^C apresentaram valores intermediários entre M4^A e M3^D. O sítio M2^B foi semelhante ao sítio M1^{BC} e apresentou valores maiores de discrepância, que os sítios M5^C e M6^C.

5.1.5 Análise da discrepância média do grupo experimental 5

Os resultados da discrepância média dos modelos do G5 (moldagem com silicone de adição/modelos de gesso do tipo IV) indicaram que em relação ao modelo mestre, os sítios M2 (+0,12mm), M3 (-0,08mm) e M4 (+0,08mm) apresentam valores estatisticamente diferentes (ICs diferentes de zero), sendo que M2 e M4 apresentaram valores maiores que zero e M3 menor do que zero. Os demais sítios M1 (0,00mm), M5 (-0,02mm) e M6 (-0,01mm), por sua vez, apresentaram valores semelhantes ao modelo mestre (Tabela 5.3 – Testes T), uma vez que existiu o cruzamento dos intervalos de confiança em relação à linha do “zero”. A figura 5.5 ilustra o gráfico com os valores de discrepância média dos seis sítios de medições do grupo experimental 5.

Figura 5.5 - Gráfico com as médias das discrepâncias dos sítios de medições do grupo experimental 5, em relação ao modelo mestre

Tabela 5.8 - Análise de variância de um fator (sítios de medições), para o grupo G5

Fonte de Variação	GL	SQ	Adj SQ	Valor F	Valor-p
Sítios de medições	5	0,26	0,05	11,16	2,05E-07
Erro (Resíduo)	54	0,25	0,005		
Total	59	0,51			

GL: grau de liberdade; SQ: Soma dos quadrados; Adj SQ: Soma dos quadrados ajustada

A ANOVA (Tabela 5.8) foi significativa ($p < 0,05$) e o teste de Tukey revelou que, os maiores valores de discrepância, foram observados para o sítio M2^A e os menores para M3^C. O sítio M4^{AB}, apresentou valores semelhantes a M2^A, M1^{BC} e M6^{BC}, e valores maiores que M3^C e M5^C. Os sítios M1^{BC} e M6^{BC} foram semelhantes aos sítios M3^C e M5^C.

5.2 Interações relacionadas ao tipo de impressora, tipo de escâner e sítios de medições

Esta seção ilustrou as possíveis interações dos três fatores, a saber: tipo de impressora, tipo de escâner e sítios de medições. Em seguida foram realizados as interações subsequentes adicionais de dois fatores.

5.2.1 Interações relacionadas aos fatores tipo de impressora, tipo de escâner e sítio de medição

Os resultados da ANOVA (Tabela 5.9) revelou que em relação aos fatores principais, no geral, houve um efeito não significativo do fator Escâner sobre os valores de discrepância $F(1,216) = 1,99$, $p = 0,16$, ao passo que houve efeito estatisticamente significativo dos fatores Impressora $F(1,216) = 242,21$; $p = 3,95E-37$ e fator Sítio $F(5,216) = 41,00$; $p = 1,48E-29$ sobre os valores de discrepância.

Tabela 5.9 - Análise de variância de três fatores (tipo de escâner/tipo de impressora/sítio de medição), dos dados obtidos de discrepância para os grupos G1, G2, G3 e G4

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F calc	Valor P
Escâner	1	0,02	0,02	1,99	0,16
Impressora	1	28,16	281,59	242,21	3,95E-37*
Sítio	5	23,84	0,48	41,00	1,48E-29*
Escâner×Impressora	1	0,05	0,05	4,10	0,04*
Escâner×Sítio	5	0,49	0,10	8,40	2,80E-07*
Impressora×Sítio	5	27,72	0,55	47,68	4,33E-33*
Escâner×Impressora×Sítio	5	0,19	0,04	3,19	8,45E-03*
Erro (Resíduo)	216	25,11	0,01		
Total	239	112,27			

GL: grau de liberdade; SQ: Soma dos quadrados; QM: Quadrado médio. Fcalc: Valor "F" calculado.

Em geral pode-se observar semelhança estatística entre os valores de discrepância para o escâner Ominicam (0,047)^A e escâner Trios (0,028)^A (Figura 5.6).

Figura 5.6 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95% dos valores médios de discrepância do fator principal Escâner

Em geral pode-se observar diferença estatisticamente significativa entre os valores de discrepância, para impressora Eden 500V(0,14)^A e a impressora Miicraft 125 series(-0,07)^B (Figura 5.7).

Figura 5.7 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95% dos valores médios de discrepância do fator principal Impressora

A figura 5.8 revelou que o fator principal sítios de medições foi significativo, devido à influência da localização de cada sítio, nos valores de discrepância. O teste de Tukey demonstrou que, em geral, os maiores valores de discrepância foram obtidos no sítio M4^A e os menores para os sítios M3^D e M5^D. O sítio M2^{AB} apresentou valores semelhantes a M4^A e também ao sítio M1^{BC}. Por fim o sítio M6^C apresentou valores semelhantes ao sítio M1 e intervalos entre M4 e aos sítios M3^D e M4^D.

Figura 5.8 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95% dos valores médios de discrepância do fator principal Sítio

Houve interação estatisticamente significativa na interação entre o tipo de escâner e tipo de impressora, nos valores de discrepância, sendo escâner $\times$ impressora $F(1,216) = 4,10$; $p=0,04$ (Figura 5.9).

Figura 5.9 - Gráfico da Interação dos fatores Escâner e Impressora

Houve interação estatisticamente significativa entre o tipo de escâner e a localização do sítio, sobre os valores de discrepância, sendo $F(5,216) = 8,40$; $p = 2,80E-07$ (Figura 5.10).

Figura 5.10 - Gráfico da Interação dos fatores Escâner e Sítio

Houve interação estatisticamente significativa entre o tipo de impressora e a localização do sítio, sobre os valores de discrepância, sendo $F(5,216) = 47,68$; $p = 4,33E-33$ (Figura 5.11).

Figura 5.11 - Gráfico da Interação dos fatores Impressora e Sítio

Por fim, houve interação significativa entre os três fatores, tipo de Escâner, tipo de impressora e localização do sítio sobre os valores de discrepância, sendo $F(5,216) = 3,19$; $p = 8,45E-03$ (Figura 5.12).

Figura 5.12 - Gráfico ilustrativo dos intervalos de confiança de 95% da Interação de 3 fatores (Escâner, Impressora e Sítio)

Devido à significância estatística da interação de três fatores, o resultado dos fatores principais (Figuras 5.6, 5.7 e 5.8) e das interações de dois fatores (Figuras 5.9, 5.10 e 5.11) foram sempre comparados com a análise de três fatores, pois esta interação sugere, que os resultados dos fatores podem não ser os mesmos, levando em consideração seus níveis.

Para maior esclarecimento, a interação de três fatores foi estudada, levando em consideração as interações de dois fatores, em função de um terceiro fator, da seguinte maneira:

- Tipo de escâner x tipo de impressora, para cada nível do fator sítio de medição.
- Tipo de escâner x sítio de medição para cada nível do fator tipo de impressora.
- Tipo de impressora x sítio de medição para cada nível do fator tipo de escâner.

5.2.2 Interação tipo de escâner x tipo de impressora para cada nível do fator sítio de medição

A figura 5.9 revelou que, levando em consideração a média dos sítios de medições, a impressora Eden 500V apresentou valores médios de discrepância maiores, para ambos os escâneres, em relação à impressora MiiCraft 125 series. Nota-se também, o que caracteriza a interação, um cruzamento entre as linhas, ou seja, o valor de discrepância apresentado pelo escâner Omnicam, é pontualmente menor que o apresentado pelo escâner Trios, para impressora Eden 500V, e o contrário ocorre, para impressora MiiCraft 125 series. Levando em consideração esta interação apenas, pode-se levar a entender, que este comportamento entre escâner e impressora, se repetiu em todos os sítios, o que não foi observado, como já apresentado pela interação de três fatores.

A fim de ilustrar esse comportamento apontado pela ANOVA, análises subsequentes foram realizadas para explorar a relação entre tipo de Escâner e tipo de Impressora para cada Sítio.

Tabela 5.10 - Análises de Variância de dois fatores (escânerximpressora), para cada sítio de medição (M1, M2, M3, M4, M5 e M6). Variável dependente: Discrepância. Unidade=Milímetros (mm)

Sítio	Fonte de variação	GL	SQ	Adj QM	Valor F	Valor-p
M1	Escâner	1	0,426	0,426	14,42	5,42E-04*
	Impressora	1	2,317	2,317	78,48	1,43E-10*
	EscânerxImpressora	1	0,038	0,038	1,27	0,27
	Erro (Resíduo)	36	1,063	0,030		
	Total	39	3,843			
M2	Escâner	1	0,002	0,002	0,30	0,59
	Impressora	1	0,544	0,544	69,18	6,68E-10*
	EscânerxImpressora	1	0,105	0,105	13,39	0,001*
	Erro (Resíduo)	36	0,283	0,008		
	Total	39	0,936			
M3	Escâner	1	0,000	0,000	0,00	1,00
	Impressora	1	1,660	1,660	186,46	8,31E-16*
	EscânerxImpressora	1	0,021	0,021	2,34	0,13
	Erro (Resíduo)	36	0,321	0,009		
	Total	39	2,000			
M4	Escâner	1	0,076	0,076	5,19	0,03*
	Impressora	1	0,280	0,280	19,07	1,02E-04*
	EscânerxImpressora	1	0,053	0,053	3,60	0,07
	Erro (Resíduo)	36	0,529	0,015		
	Total	39	0,938			
M5	Escâner	1	0,006	0,006	1,12	0,30
	Impressora	1	0,056	0,056	10,96	2,12E-03*
	EscânerxImpressora	1	0,014	0,014	2,72	0,11
	Erro (Resíduo)	36	0,185	0,005		
	Total	39	0,261			
M6	Escâner	1	0,001	0,001	0,36	0,55
	Impressora	1	0,728	0,728	199,98	2,86E-16*
	EscânerxImpressora	1	0,002	0,002	0,66	0,42
	Erro (Resíduo)	36	0,131	0,004		
	Total	39	0,863			

GL=Grau de liberdade; SQ=Soma dos Quadrados; AdjQM=Quadrado médio ajustado; Valor F= Valor F obtido.

*significante a 0,05.

Os resultados das ANOVAS apontaram haver uma variação entre a significância ou não dos fatores principais (escâner e impressora), assim como da interação escânerximpressora, entre os diferentes sítios. Em relação ao fator escâner, este foi significativo para os sítios M1($p=5,42E-04$) e M4 ($p=0,03$). Já para os sítios M2($p=0,59$), M3($p=1,00$), M5($p=0,30$) e M6($p=0,55$), foram não significantes. Em relação ao fator Impressora, este foi significativo para todos os sítios, sendo M1($p=1,43E-10$), M2($p=6,68E-10$), M3($p=8,31E-16$), M4($p=1,02E-04$), M5($p=2,12E-03$) e M6($p=2,86E-16$). Em relação à interação EscânerxImpressora, esta foi significativa apenas para o sítio M2 ($p=0,001$) e não significativa para os demais sítios, sendo M1($p=0,27$), M3($p=0,13$), M4($p=0,07$), M5($p=0,11$) e M6($p=0,42$). A figura 5.13, ilustra o comportamento das interações EscânerxImpressora para cada sítio.

Figura 5.13 - Gráfico das interações entre EscânerxImpressora para cada Sítio

Após a realização das ANOVAS, o teste de Tukey (Tabela 5.11) foi aplicado para estudar as possíveis diferenças entre as quatro médias de cada sítio.

Tabela 5.11 - Testes de Tukey para as médias experimentais, para cada sítio

Sítio	SubGrupo	Escâner	Impressora	Média	Tukey
M1	G11	Trios	Eden	0,25	A
	G21	Omnicam	Eden	0,40	A
	G31	Trios	Miicraft	-0,29	C
	G41	Omnicam	Miicraft	-0,02	B
M2	G12	Trios	Eden	0,32	A
	G22	Omnicam	Eden	0,20	B
	G32	Trios	Miicraft	-0,02	C
	G42	Omnicam	Miicraft	0,07	C
M3	G13	Trios	Eden	0,08	A
	G23	Omnicam	Eden	0,12	A
	G33	Trios	Miicraft	-0,29	B
	G43	Omnicam	Miicraft	-0,33	B
M4	G14	Trios	Eden	0,15	A
	G24	Omnicam	Eden	-0,01	B
	G34	Trios	Miicraft	0,25	A
	G44	Omnicam	Miicraft	0,23	A
M5	G15	Trios	Eden	-0,07	A B
	G25	Omnicam	Eden	-0,01	A
	G35	Trios	Miicraft	-0,11	B
	G45	Omnicam	Miicraft	-0,12	B
M6	G16	Trios	Eden	0,17	A
	G26	Omnicam	Eden	0,15	A
	G36	Trios	Miicraft	-0,11	B
	G46	Omnicam	Miicraft	-0,11	B

Índices diferentes indicam diferença estatisticamente significante. Alfa=0,05

Para o sítio de medição M1 (situações experimentais G11, G21, G31 e G41), o gráfico da figura 5.14 traz os intervalos de confiança de 95% das médias experimentais. E, além disso, apresenta as comparações entre as médias pelo teste de Tukey (Tabela 5.11).

Figura 5.14 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o sítio M1

Pode-se observar na figura 5.14 e na tabela 5.11, que os maiores valores de discrepância foram observados para impressora Eden 500V, e os menores para impressora Miicraft 125 series, independentemente do tipo de escâner, sendo **G11(0,25)^A = G21(0,40)^A > G31 (-0,29)^C ≠ G41(-0,02)^B**. Pode-se observar também, uma diferença ou um distanciamento maior, entre os valores de discrepância entre as duas impressoras, para o escâner Trios, em relação ao escâner Omnicam.

Para o sítio de medição M2 (situações experimentais G12, G22, G32 e G42), o gráfico da figura 5.15 traz os intervalos de confiança de 95% das médias experimentais. E, além disso, apresenta as comparações entre as médias pelo teste de Tukey (Tabela 5.11).

Figura 5.15 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o sítio M2

Pode-se observar na figura 5.15 e na tabela 5.11 uma diferença de comportamento dos valores de discrepância entre as impressoras, para cada escâner, o que comprova a significância da interação, como apontada pela ANOVA. Para a impressora Eden 500V, o maior valor de discrepância é observado para o escâner Trios **G12(0,32)^A** e o menor para Omnicam **G22(0,20)^B**. Já para impressora Miicraft 125 series, não houve diferença entre os escâneres, sendo Trios **G32(-0,02)^C** e Omnicam **G42(0,07)^C**.

Para o sítio de medição M3 (situações experimentais G13, G23, G33 e G43), o gráfico da figura 5.16 traz os intervalos de confiança de 95% das médias experimentais. E, além disso, apresenta as comparações entre as médias pelo teste de Tukey (Tabela 5.11).

Figura 5.16 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o sítio M3

Pode-se observar na figura 5.16 e na tabela 5.11, que os maiores valores de discrepância foram observados para impressora Eden 500V, e os menores para impressora MiiCraft 125 series, independentemente do tipo de escâner, sendo $G13(0,08)^A = G23(0,12)^A > G33(-0,29)^B = G43(-0,33)^B$.

Para o sítio de medição M4 (situações experimentais G14, G24, G34 e G44), o gráfico da figura 5.17 traz os intervalos de confiança de 95% das médias experimentais. E, além disso, apresenta as comparações entre as médias pelo teste de Tukey (Tabela 5.11).

Figura 5.17 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o sítio M4

Pode-se observar na figura 5.17 e na tabela 5.11 uma diferença de comportamento dos valores de discrepância entre as impressoras, para cada escâner, o que se aproxima de uma interação, que apesar de não significativa ($p=0,07$), é quase um valor borderline (próximo de 0,05), como apontada pela ANOVA. Para a impressora Eden 500V, o maior valor de discrepância é observado para o escâner Trios **G14(0,15)^A** e o menor para Omnicam **G24(-0,01)^B**. Já para impressora Miicraft 125 series, não houve diferença entre os escâneres, sendo Trios **G34(0,25)^A** e Omnicam **G44(0,23)^A**.

Para o sítio de medição M5 (situações experimentais G15, G25, G35 e G45), o gráfico da figura 5.18 traz os intervalos de confiança de 95% das médias experimentais. E, além disso, apresenta as comparações entre as médias pelo teste de Tukey (Tabela 5.11).

Figura 5.18 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o sítio M5

Pode-se observar na figura 5.18 e na tabela 5.11 que não houve diferenças estatísticas entre impressoras para cada escâner. Para impressora Eden 500V, Trios **G15(-0,07)^{AB}** = Omnicam **G25(-0,01)^A**, já para impressora Miicraft 125 series, Trios **G35(-0,11)^B** e Omnicam **G45(-0,12)^B**. Os resultados também mostraram que para o escâner Omnicam houve diferença entre os níveis do fator impressora, o que já não ocorreu para o escâner Trios.

Para o sítio de medição M6 (situações experimentais G16, G26, G36 e G46), o gráfico da figura 5.19 traz os intervalos de confiança de 95% das médias experimentais. E, além disso, apresenta as comparações entre as médias pelo teste de Tukey (Tabela 5.11).

Figura 5.19 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o sítio M6

Pode-se observar na figura 5.19 e na tabela 5.11, que os maiores valores de discrepância foram observados para impressora Eden 500V, e os menores para impressora Miicraft 125 series, independentemente do tipo de escâner, sendo $G16(0,17)^A = G26(0,15)^A > G36(-0,11)^B = G46(-0,11)^B$.

5.2.3 Interação tipo de escânerxsítio de medição para cada nível do fator impressora

A figura 5.10 revelou que, levando em consideração a média das impressoras, houve uma diferença perceptível dos valores de discrepância observados nos diferentes sítios, ou seja, houve uma alternância, entre maiores e menores valores de discrepância em função do tipo de escâner para cada sítio. Para os sítios M1 e M4 este comportamento foi mais marcante. Para o sítio M1, observam-se maiores valores de discrepância para o escâner Omnicam e menores para o escâner Trios. Já para o sítio M4, o contrário ocorre, sendo os maiores valores observados para o escâner Trios e os menores para o escâner Omnicam.

Esse comportamento de alternância de valores entre os escâneres repetiu-se em menor grau nos demais sítios, o que é representado na figura 5.10, como cruzamento das linhas entre os sítios, o que caracteriza a interação significativa, revelada pela ANOVA. Levando em consideração esta interação apenas, pode-se levar a entender, que este comportamento entre Escâner e Sítio, se repetiu para ambas as impressoras, o que não foi observado, como já apresentado pela interação de três fatores. A fim de ilustrar esse comportamento apontado pela ANOVA, análises subsequentes foram realizadas para explorar a relação entre Escâner e Sítio para cada Impressora.

Tabela 5.12 - Análises de Variância de dois fatores (escânerxsítio), para cada Impressora (Eden 500v e Miicraft 125 series). Variável dependente: Discrepância. Unidade=Milímetros (mm)

Impressora	Fonte de variação	GL	SQ	Adj QM	Valor F	Valor-p
Eden 500v	Escâner	1	0,002	0,002	0,16	0,69
	Sítio	5	1,721	0,344	25,02	1,1E-16*
	EscânerxSítio	5	0,334	0,067	4,86	4,8E-04*
	Erro (Resíduo)	108	1,486	0,014		
	Total	119	3,544			
Miicraft 125 series	Escâner	1	0,069	0,069	7,23	0,01*
	Sítio	5	3,434	0,687	72,35	7,0E-33*
	EscânerxSítio	5	0,339	0,068	7,15	8,2E-06*
	Erro (Resíduo)	108	1,025	0,009		
	Total	119	4,867			

GI=Grau de liberdade; SQ=Soma dos Quadrados; AdjQM=Quadrado médio ajustado; Valor F= Valor F obtido.

*significante a 0,05.

Os resultados das ANOVAS (tabela 5.12), revelaram que, em relação ao fator escâner, este foi não significativo para a impressora Eden 500V ($p=0,69$) e significativo para a impressora Miicraft 125 series ($p=0,01$). Em relação ao fator Sítio, este foi significativo para ambas as impressoras, sendo Eden 500V ($p=1,1E-16$) e Miicraft 125 series ($p=7,0E-33$). Em relação à interação escânerxsítio, esta, também foi significativa para ambas as impressoras, sendo Eden 500V ($p=4,8E-04$) e Miicraft 125 series ($p=8,2E-06$). A figura 5.20, ilustra o comportamento das interações EscânerxSítio para cada Impressora.

Figura 5.20 - Gráfico das interações entre Escâner×Sítio para cada Impressora

Seguindo as ANOVAS, o teste de Tukey (Tabela 5.13) foi aplicado para estudar as possíveis diferenças entre as doze médias de cada impressora.

Tabela 5.13 - Testes de Tukey para as médias experimentais, para cada impressora

Impressora	SubGrupo	Escâner	Sítio	Média	Tukey
Eden 500v	G11	Trios	M1	0,25	A B C
	G12	Trios	M2	0,32	A B
	G13	Trios	M3	0,08	D E F
	G14	Trios	M4	0,15	B C D E
	G15	Trios	M5	-0,07	F
	G16	Trios	M6	0,17	B C D
	G21	Omnicam	M1	0,40	A
	G22	Omnicam	M2	0,20	B C D
	G23	Omnicam	M3	0,12	C D E
	G24	Omnicam	M4	-0,01	E F
	G25	Omnicam	M5	-0,01	E F
	G26	Omnicam	M6	0,15	B C D E
Miicraft 125 series	G31	Trios	M1	-0,29	D
	G32	Trios	M2	-0,02	B C
	G33	Trios	M3	-0,29	D
	G34	Trios	M4	0,25	A
	G35	Trios	M5	-0,11	C
	G36	Trios	M6	-0,11	C
	G41	Omnicam	M1	-0,02	B C
	G42	Omnicam	M2	0,07	B
	G43	Omnicam	M3	-0,33	D
	G44	Omnicam	M4	0,23	A
	G45	Omnicam	M5	-0,12	C
	G46	Omnicam	M6	-0,11	C

Índices diferentes indicam diferença estatisticamente significante.
Alfa=0,05

Para a impressora Eden 500v (situações experimentais G11 a G26), o gráfico da figura 5.21 traz os intervalos de confiança de 95% das médias experimentais. E, além disso, apresenta as comparações entre as médias pelo teste de Tukey da Tabela 5.13.

Figura 5.21 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para a impressora Eden 500V

Pode-se observar nas figuras 5.20 e 5.21, assim como na tabela 5.13, que os perfis da distribuição dos sítios (de M1 a M6) para cada escâner difere claramente. Para o escâner Omnicam, há uma diminuição praticamente linear dos valores de discrepância de M1 até M4, aonde chega próximo a zero, mantendo-se assim para M5 e depois se elevando novamente para M6. Para o escâner Trios, há praticamente uma sinuosidade (ainda que no sentido de uma diminuição, dos valores de discrepância, de M2 a M5), revelando uma alteração de valores maiores e menores de discrepância, em função do sítio.

Para o escâner Omnicam, os maiores valores de discrepância foram observados no sítio M1 **G21(0,40)^A** e os menores para os sítios M4 **G24(-0,01)^{EF}** e M5 **G25(-0,01)^{EF}**. O sítio M2 **G22(0,20)^{BCD}**, apresentou valores intermediários entre M1 e, entre M3 e M4. Por fim os sítios M3 **G23(0,12)^{CDE}** e M6 **G26(0,15)^{BCDE}** foram semelhantes entre si e aos sítios M2, M4 e M5.

Para o escâner Trios, os maiores valores de discrepância foram observados no sítio M2 **G12 (0,32)^{AB}** e os menores para o sítio M5 **G15(-0,07)^F**. O sítio M1 **G11(0,25)^{ABC}** foi semelhante ao sítio M2 e aos sítios M4 **G14(0,15)^{BCDE}** e M6 **G16(0,17)^{BCD}**. Por fim, o sítio M3 **G13(0,08)^{DEF}** foi semelhante aos sítios M4 e M6 e ao sítio M5.

Quando os dois escâneres são comparados, para os mesmos sítios, não houve diferenças estatísticas, sendo **G21(0,40)^A = G11(0,25)^{ABC}**, **G22(0,20)^{BCD} = G12(0,32)^{AB}**, **G23(0,12)^{CDE} = G13(0,08)^{DEF}**, **G24(-0,01)^{EF} = G14(0,15)^{BCDE}**, **G25(-0,01)^{EF} = G15(-0,07)^F** e **G26(0,15)^{BCDE} = G16(0,17)^{BCD}**.

Para a impressora Miicraft 125 series (situações experimentais G31 a G46), o gráfico da figura 5.22 traz os intervalos de confiança de 95% das médias experimentais. E, além disso, apresenta as comparações entre as médias pelo teste de Tukey (Tabela 5.13).

Figura 5.22 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para a impressora Miicraft 125 series

Pode-se observar nas figuras 5.20 e 5.22, assim como, na tabela 5.13, que os perfis da distribuição dos sítios (de M1 a M6) para cada escâner são semelhantes. Visualmente, percebe-se que as diferenças nos perfis, ocorrem praticamente em

função particularmente do sítio M1, que apresenta nitidamente maiores valores de discrepância para o escâner Omnicam e menores para o escâner Trios.

Para o escâner Omnicam, os maiores valores de discrepância foram observados para o sítio M4 **G44(0,23)^A** e os menores para o sítio M3 **G43(-0,33)^D**. O sítio M2 **G42(0,07)^B** foi semelhante ao sítio M1 **G41(-0,02)^{BC}** e ambos diferentes de M4 e M3. Por fim os sítios M5 **G45(-0,12)^C** e M6 **G46(-0,11)^C** foram semelhantes entre si e diferentes estatisticamente dos demais sítios.

Para o escâner Trios, os maiores valores de discrepância foram observados para o sítio M4 **G34(0,25)^A** e os menores para M1 **G31(-0,29)^D** e M3 **G33(-0,29)^D**. O sítio M2 **G32(-0,02)^{BC}**, apresentou valores menores estatisticamente em relação a M4 e maiores, em relação a M1 e M3, sendo por sua vez semelhante estatisticamente aos sítios M5 **G35(-0,11)^C** e M6 **G36(-0,11)^C**.

Quando os dois escâneres são comparados, para os mesmos sítios, houve diferença estatística entre os sítios M1 e não houve para os demais sítios, sendo, **G41(-0,02)^{BC} > G31(-0,29)^D**, **G42(0,07)^B = G32(-0,02)^{BC}**, **G43(-0,33)^D = G33(-0,29)^D**, **G44(0,23)^A = G34(0,25)^A**, **G45(-0,12)^C = G35(-0,11)^C** e **G46(-0,11)^C = G36(-0,11)^C**.

5.2.4 Interação tipo de impressora x sítio de medição para cada nível do fator escâner

A figura 5.11 revelou que, levando em consideração a média dos escâneres, houve uma diferença perceptível dos valores de discrepância observados nos diferentes sítios. Tanto a Impressora Eden 500V como a Miicraft 125 series, mostraram perfis gráficos diferentes entre si. A impressora Eden 500V apresentou uma diminuição dos valores de discrepância, de maneira praticamente linear de M1 a M5, elevando-se depois para M6, ao passo, que para impressora Miicraft 125 series, houve uma grande alternância de valores de discrepância (aumento e diminuição dos valores) entre M1 e M5. Esse comportamento diferente de valores entre as impressoras em relação aos sítios, o que é representado na figura 5.11, caracteriza a interação significativa, revelada pela ANOVA.

Levando em consideração esta interação apenas, pode-se levar a entender, que este comportamento entre impressora e sítio, se repetiu para ambos os escâneres, o que não foi observado, como já apresentado pela interação de três fatores. A fim de ilustrar esse comportamento apontado pela ANOVA, análises subsequentes foram realizadas para explorar a relação entre Impressora e Sítio para cada Escâner.

Tabela 5.14 - Análises de Variância de dois fatores (impressora×sítio), para cada escâner (Trios e Omnicam). Variável dependente: Discrepância. Unidade=Milímetros (mm)

Escâner	Fonte de variação	GL	SQ	Adj QM	Valor F	Valor-p
Trios	Impressora	1	1,80	1,80	165,62	1,5E-23*
	Sítio	5	1,54	0,31	28,27	3,2E-18*
	Impressora×Sítio	5	1,35	0,27	24,92	1,3E-16*
	Erro (Resíduo)	108	1,17	0,01		
	Total	119	5,86			
Omnicam	Impressora	1	1,07	1,07	85,95	2,1E-15*
	Sítio	5	1,34	0,27	21,57	6,5E-15*
	Impressora×Sítio	5	1,60	0,32	25,88	4,3E-17*
	Erro (Resíduo)	108	1,34	0,01		
	Total	119	5,35			

GL=Grau de liberdade; SQ=Soma dos Quadrados; AdjQM=Quadrado médio ajustado; Valor F= Valor F obtido.

*significante a 0,05.

Os resultados das ANOVAS (tabela 5.14) revelaram que, em relação ao fator impressora, este foi significativo tanto para o escâner Trios ($p=1,5E-23$), como para o escâner Omnicam ($p=2,1E-15$). Em relação ao fator Sítio, este foi significativo para ambos os escâneres, sendo Trios ($p=3,2E-18$) e Omnicam ($p=6,5E-15$). Em relação à interação impressora×sítio esta, também foi significativa para ambos os escâneres, sendo Trios ($p=1,3E-16$) e Omnicam ($p=4,3E-17$). A figura 5.23, ilustra o comportamento das interações impressora×Sítio para cada escâner.

Figura 5.23 - Gráfico das interações entre Impressora×Sítio para cada Escâner

Seguindo as ANOVAS, o teste de Tukey (Tabela 5.15) foi aplicado para estudar as possíveis diferenças entre as doze médias de cada escâner.

Tabela 5.15 - Testes de Tukey para as médias experimentais, para cada escâner

Escâner	SubGrupo	Impressora	Sítio	Média	Tukey
Trios	G11	Eden	M1	0,25	A B
	G12	Eden	M2	0,32	A
	G13	Eden	M3	0,08	C D
	G14	Eden	M4	0,15	B C
	G15	Eden	M5	-0,07	D E
	G16	Eden	M6	0,17	A B C
	G31	Miicraft	M1	-0,29	F
	G32	Miicraft	M2	-0,02	D E
	G33	Miicraft	M3	-0,29	F
	G34	Miicraft	M4	0,25	A B
	G35	Miicraft	M5	-0,11	E
	G36	Miicraft	M6	-0,11	E
	G21	Eden	M1	0,40	A
	G22	Eden	M2	0,20	B
	G23	Eden	M3	0,12	B C D
	G24	Eden	M4	-0,01	C D E
Omnica	G25	Eden	M5	-0,01	C D E
	G26	Eden	M6	0,15	B C
	G41	Miicraft	M1	-0,02	D E
	G42	Miicraft	M2	0,07	B C D
	G43	Miicraft	M3	-0,33	F
	G44	Miicraft	M4	0,23	B
	G45	Miicraft	M5	-0,12	E
	G46	Miicraft	M6	-0,11	E

Índices diferentes indicam diferença estatisticamente significativa.
Alfa=0,05

Para o Escâner Omnicam (situações experimentais G21 a G26 e G41 a G46), o gráfico da figura 5.24 traz os intervalos de confiança de 95% das médias experimentais. E, além disso, apresenta as comparações entre as médias pelo teste de Tukey (Tabela 5.15).

Figura 5.24 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o escâner Omnicam

Pode-se observar nas figuras 5.23 e 5.24 assim como, na tabela 5.15, que os perfis da distribuição dos sítios (de M1 a M6) para cada impressora são diferentes. Visualmente, percebe-se que as diferenças nos perfis, ocorrem praticamente para todos os sítios.

Para a impressora Eden 500V, os maiores valores de discrepância foram observados para o sítio M1 **G21(0,40)^A** e os menores para os sítios M4 **G24(-0,01)^{CDE}** e M5 **G25(-0,01)^{CDE}**. O sítio M2 **G22(0,20)^B** apresentou valores menores estatisticamente em relação a M1 e semelhantes aos sítios M3 **G23(0,12)^{BCD}** e M6 **G26(0,15)^{BC}**. Por fim, os sítios M3 e M6 foram semelhantes aos sítios M4 e M5.

Para a impressora Miicraft 125 series, os maiores valores de discrepância foram observados para o sítio M4 **G44(0,23)^B** e os menores para o sítio M3 **G43(-0,33)^F**. O sítio M2 **G42(0,07)^{BCD}** apresentou valores semelhantes a M4 e também ao

sítio M1 **G41(-0,02)^{DE}**. O sítio M1 por sua vez é semelhante aos sítios M5 **G45(-0,12)^E** e M6 **G46(-0,11)^E**.

Comparando-se as duas impressoras, para os mesmos sítios, houve diferença estatística entre os sítios M1, M3, M4 e M6 e não houve para os sítios M2 e M5, sendo **G21(0,40)^A > G41(-0,02)^{DE}**, **G22(0,20)^B = G42(0,07)^{BCD}**, **G23(0,12)^{BCD} > G43(-0,33)^F**, **G24(-0,01)^{CDE} < G44(0,23)^B**, **G25(-0,01)^{CDE} = G45(-0,12)^E** e **G26(0,15)^{BC} > G46(-0,11)^E**.

Para o Escâner Trios (situações experimentais G11 a G16 e G31 a G36), o gráfico da figura 5.25 traz os intervalos de confiança de 95% das médias experimentais. E, além disso, apresenta as comparações entre as médias pelo teste de Tukey (Tabela 5.15).

Figura 5.25 - Gráfico dos intervalos de confiança de 95%, das médias experimentais para o escâner Trios

Pode-se observar nas figuras 5.23 e 5.25 assim como, na tabela 5.15, que os perfis da distribuição dos sítios (de M1 a M6) para cada impressora são diferentes. Visualmente, percebe-se que as diferenças nos perfis, ocorrem praticamente para todos os sítios.

Para a impressora Eden 500V, os maiores valores de discrepância foram observados para o sítio M2 **G12(0,32)^A** e os menores para o sítio M5 **G15(-0,07)^{DE}**. O

sítio M1 **G11(0,25)^{AB}** foi semelhante estatisticamente a M2 e aos sítios M6 **G16(0,17)^{ABC}** e M4 **G14(0,15)^{BC}**. Os Sítios M6 e M4 foram também semelhantes ao sítio M3 **G13(0,08)^{CD}**.

Para a impressora Miicraft 125 series, os maiores valores de discrepância foram observados para o sítio M4 **G34(0,25)^{AB}** e os menores para os sítios M1 **G31(-0,29)^F** e M3 **G33(-0,29)^F**. O sítio M2 **G32(-0,02)^{DE}**, apresentou valores menores estatisticamente em relação a M4 e foi semelhante aos sítios M5 **G35(-0,11)^E** e M6 **G36(-0,11)^E**.

Comparando-se as duas impressoras, para os mesmos sítios, houve diferença estatística entre os sítios M1, M2, M3 e M6 e não houve diferença estatística entre os sítios M4 e M5, sendo **G11(0,25)^{AB} > G31(-0,29)^F**, **G12(0,32)^A > G32(-0,02)^{DE}**, **G13(0,08)^{CD} > G33(-0,29)^F**, **G14(0,15)^{BC} = G34(0,25)^{AB}**, **G15(-0,07)^{DE} = G35(-0,11)^{DE}** e **G16(0,17)^{ABC} > G36(-0,11)^{DE}**.

5.3 Análise da repetibilidade dos métodos de obtenção dos modelos

A tabela 5.16 ilustra os coeficientes de repetibilidade (CR) de cada grupo experimental, nos seis sítios de medições.

Tabela 5.16 - Coeficientes de repetibilidade (95%), para cada grupo experimental em cada sítio de medição (M1, M2, M3, M4, M5 e M6)

	G1		G2		G3		G4		G5	
Sítio de medição	S^2_{within}	95% C.R.*	S^2_{within}	95% C.R.*	S^2_{within}	95% C.R.*	S^2_{within}	95% C.R.*	S^2_{within}	95% C.R.*
M1	0,006	0,212	0,004	0,173	0,0005	0,059	0,0004	0,056	0,0004	0,057
M2	0,002	0,117	0,003	0,148	0,0004	0,058	0,0002	0,043	0,0002	0,043
M3	0,003	0,162	0,001	0,087	0,003	0,163	0,005	0,189	0,002	0,133
M4	0,004	0,173	0,003	0,148	0,004	0,171	0,007	0,229	0,005	0,187
M5	0,001	0,095	0,004	0,182	0,0004	0,054	0,002	0,130	0,0002	0,043
M6	0,002	0,110	0,001	0,087	0,0006	0,066	0,0002	0,035	0,0008	0,081

*95% Coeficiente de repetibilidade (C.R.)= $2,77 \cdot S_{within}$ (BLAND;ALTMAN,1999,2007)

S^2_{within} obtido da tabelas do teste *one way* Anova.

Unidade= milímetros (mm).

Ao analisar CR em cada sítio de medição pôde-se observar que no sítio M1 o CR maior foi observado no G1 com valor de 0,212mm, seguido pelo G2 com 0,173mm de CR. Os grupos G3 e G5 apresentaram coeficientes de repetibilidade com valores de 0,059mm e 0,057mm, respectivamente. O G4 apresentou o menor CR com valor de 0,056mm.

O CR no sítio de medição M2 indicou que o G2 apresentou o maior valor, com 0,148mm. O G1 apresentou valor de 0,117mm de CR. O grupos G3 apresentou o CR com valor de 0,058mm. Os grupos G4 e G5 apresentaram os menores coeficientes de repetibilidade com valores de 0,043mm para os dois grupos.

O CR no sítio de medição M3 indicou que o G4 apresentou o maior valor, com 0,189mm. O G3 apresentou valor de 0,163mm, o G1 apresentou valor de 0,162mm.

O G5 apresentou o valor de 0,133mm e o menor valor foi observado no G2 com 0,087mm.

O CR no sítio de medição M4 indicou que o G4 apresentou o maior CR, com valor de 0,229mm. O G5 apresentou valor de 0,187mm, o G1 apresentou valor de 0,173mm, o G3 apresentou valores de 0,171mm e o G2 apresentou o menor valor de CR, com valor de 0,148mm.

O CR no sítio de medição M5 indicou que o G2 apresentou o maior CR, com valor de 0,182mm. O G4 apresentou valor de 0,130mm. O G1 apresentou valor de CR de 0,095mm. O G3 apresentou um valor de 0,054mm de CR. O G5 apresentou o menor CR, com valor de 0,043mm.

Na análise do sítio de medição M6, o G1 apresentou o maior CR, com valor de 0,110mm. O G2 apresentou um valor de 0,087mm. O G5 apresentou um valor de 0,081mm. O G3 apresentou um valor de 0,066mm. O G4 apresentou o menor CR, com valor de 0,035mm.

6 DISCUSSÃO

A utilização da tecnologia de escaneamento intra oral e confecção das próteses em um fluxo digital está se tornando uma realidade para o cirurgião dentista. Os recursos proporcionados pela tecnologia CAD/CAM permitem o planejamento dos casos clínicos e confecção da prótese em um fluxo totalmente digital, obtendo-se próteses com adaptação clinicamente satisfatória (Brawek et al., 2013). Atualmente a utilização do escaneamento intra-oral facilitou ainda mais a condução do tratamento, uma vez que o paciente não precisa se submeter à moldagem dos dentes (Dawood et al., 2015), o que gera um maior conforto e diminui o tempo de tratamento (Yuzbasioglu et al., 2014). Isto possibilita a confecção de coroas protéticas com boa adaptação clínica, podendo ser uma alternativa em relação à moldagem convencional (Boeddinghaus et al., 2015).

Quando existe a necessidade de se obter um modelo físico, pode-se realizar a impressão do arquivo digital, obtendo-se este modelo de maneira simples (Kasparova et al., 2013). Entretanto, os modelos de trabalho em gesso ainda são muito utilizados pelo cirurgião dentista, seja para a confecção do trabalho protético ou para o escaneamento do modelo de gesso e planejamento e confecção da prótese via CAD/CAM. Porém, o modelo de gesso pode apresentar problemas relacionados à qualidade da moldagem ou na sua confecção, o que compromete a qualidade do trabalho a ser realizado (Alhourri et al., 2004).

Segundo Dawood et al. (2015) a impressão de modelos físicos por meio de impressoras 3D ainda apresenta como vantagem a possibilidade de economia de espaço, pois os modelos digitais podem ser armazenados em computadores e se necessário executar a impressão do modelo de um determinado caso clínico. Um estudo de Bell et al. (2003) também diz que a impressão de modelos digitais é possível e fornece modelos confiáveis.

Um estudo de Alharbi et al. (2017) ilustra as vantagens da impressão 3D, dentre elas, a obtenção de um modelo físico, independente da sua complexidade ou quantidade. Existe ainda uma economia de material na casa de 40%, quando comparado com a fresagem, e a possibilidade de maior detalhamento do modelo impresso, uma vez que as pontas utilizadas na fresagem apresentam formatos pré determinados, que podem limitar a forma de alguns tipos de modelos.

Este estudo realizou uma análise *in vitro* de dois métodos de obtenção de modelos físicos. No primeiro foi realizado a moldagem do modelo mestre e em seguida foi obtido o modelo de gesso do tipo IV (n=10). No segundo, foram utilizados dois tipos de escâneres intra-orais (Trios e Omnicam) para se realizar o escaneamento do modelo mestre. A partir do arquivo digital foram realizadas as impressões dos modelos físicos, utilizando dois tipos de impressoras 3D (Eden 500V e Miicraft 125 series), que geraram quatro grupos experimentais, com dez modelos por grupo (n=10). O modelo mestre selecionado para a parte experimental deste estudo foi um manequim odontológico com elementos dentais com preparos totais, preparos parciais e elementos dentais hígidos.

Estudos encontrados na literatura também utilizaram um manequim de resina como modelo mestre (Vandeweghe et al., 2015; Jeong et al., 2016; Su; Sun, 2016; Renne et al., 2017; Wesemann et al., 2017). O estudo de Lee et al. (2015) utilizou um manequim de resina com a instalação de um implante, o que possibilitou o estudo de modelos impressos com verificação de posicionamento de implantes. Foi observado em um estudo de Park e Shin (2018) que o modelo mestre utilizado foi confeccionado a partir de uma fresagem de um modelo digital. Já o estudo de Ishida e Miyasaka (2016) utilizou como modelo mestre padrões de preparos de coroas, nas quais foram adaptadas coroas protéticas impressas. Outros estudos *in vitro* foram realizados com a utilização de diferentes tipos de modelos mestre, como modelos de aço (Caputi; Varvara, 2008; Kumar; Aeran, 2012; Ender; Mehl, 2013; Guth et al., 2013; Manoj et al., 2013; Ender; Mehl, 2015; Shimizu et al., 2017), manequim do tipo Typodont (Ng et al., 2014; Cho et al., 2015), crânio seco (Choi et al., 2002; Cuperus et al., 2012; Murugesan et al., 2012) ou modelo de gesso (Bell et al., 2003; Keating et al., 2008; Hwang et al., 2013; Kasparova et al., 2013; Hazeveld et al., 2014; Anh et al., 2016; Flugge et al., 2016; Muller et al., 2016; Papaspyridakos et al., 2016; Wan Hassan et al., 2017).

A utilização de um manequim odontológico em resina deve-se ao fato de que a utilização de um modelo mestre de aço poderia dificultar o procedimento do escaneamento intra-oral, podendo ser necessária a utilização de um pó de escaneamento, para evitar a reflexão da luz proveniente do escâner, o que poderia influenciar nos resultados deste estudo. O Crânio seco também não foi utilizado devido à questões éticas para possibilitar o seu uso. Um manequim do tipo Typodont confeccionado em resina seria bem semelhante ao manequim utilizado por este

estudo. Porém, se o manequim do tipo Typodont for mais antigo, provavelmente confeccionado com dentes metálicos, também demandaria a utilização do pó para evitar a reflexão da luz do metal. O estudo de Cho et al. (2015) não especificou qual tipo de manequim Typodont foi utilizado.

A fragilidade do gesso contra indica a sua utilização como modelo mestre, uma vez que se ocorrer algum tipo de fratura, perde-se a referência de medida para comparações com os outros modelos dos grupos experimentais. O modelo mestre fresado fornece um modelo com dimensões conhecidas e também é um modelo reproduzível, mas tem como desvantagem um custo elevado para a sua confecção.

Este estudo comparou os modelos de gesso e os modelos impressos, por meio das medições lineares obtidas em cada modelo, conforme estudos anteriores (Choi et al., 2002; Bell et al., 2003; Caputi; Varvara, 2008; Keating et al., 2008; Cuperus et al., 2012; Kumar; Aeran, 2012; Murugesan et al., 2012; Hwang et al., 2013; Kasparova et al., 2013; Manoj et al., 2013; Hazeveld et al., 2014; Ishida; Miyasaka, 2016; Wan Hassan et al., 2017; Wesemann et al., 2017).

Outros estudos compararam os modelos utilizando programa de sobreposição de imagens, no qual o modelo do grupo experimental é sobreposto ao modelo mestre e o programa descreve as diferenças entre eles (Ender; Mehl, 2013; Flugge et al., 2013; Guth et al., 2013; Cho et al., 2015; Ender; Mehl, 2015; Lee et al., 2015; Su; Sun, 2015; Vandeweghe et al., 2015; Anh et al., 2016; Ender et al., 2016; Papaspyridakos et al., 2016; Renne et al., 2017; Park; Shin, 2018).

Foram encontrados estudos nos quais a análise foi realizada por meio de sobreposição de imagens e comparação das medições lineares (Rhee et al., 2015; Flugge et al., 2016; Kuhr et al., 2016). Nestes casos, o programa de sobreposição de imagens estudou os modelos de forma tri dimensional e as medições lineares forneceram uma análise bi dimensional dos modelos.

Os estudos que realizaram a análise do modelos físicos por meio de medições lineares utilizaram paquímetros digitais (Choi et al., 2002; Keating et al., 2008; Cuperus et al., 2012; Hwang et al., 2013; Kasparova et al., 2013; Hazeveld et al., 2014; Ide et al., 2017; Wan Hassan et al., 2017), paquímetro analógico (Bell et al., 2003), microscópio digital (Kumar; Aeran, 2012; Ishida; Miyasaka, 2016), escâner de contato (Caputi; Varvara, 2008), máquina de medição de coordenadas (Manoj et al., 2013; Wesemann et al., 2017) e programas de computador, quando foram realizadas medições nos modelos digitais (Rhee et al., 2015; Kuhr et al., 2016).

A análise por meio de sobreposição de imagens apresenta algumas vantagens sobre os métodos manuais de medição, uma vez que elimina o viés da execução das medições, pois o programa que realiza a sobreposição das imagens. Este programa apresenta um mapa de cores com as regiões de maior discrepância, proporcionando um caráter qualitativo na análise. Entretanto, neste tipo de análise é necessário o uso de um escâner de referência para obter os arquivos digitais e a discrepância exibida pelo programa deve ser analisada com cautela.

A medição dos modelos físicos por meio de equipamentos como paquímetros digitais e analógicos apresenta algumas desvantagens pois existe a necessidade de um grande treino por parte do operador deste equipamento, no que diz respeito ao seu posicionamento sobre a estrutura anatômica medida. A característica anatômica dos modelos odontológicos dificulta o posicionamento da ponta ativa do paquímetro, o que influencia de maneira negativa nas repetições das medições. E como são necessárias muitas medidas repetidas, a utilização do paquímetro demanda muito treino e calibração por parte dos operadores. A utilização de um paquímetro analógico acrescenta mais um obstáculo, que é a própria leitura da medição obtida. Pode-se dizer que a maior vantagem do paquímetro digital ou analógico é o seu custo reduzido, quando comparado com máquinas de medições por coordenadas ou o escâner de contato.

As medições comparativas do presente estudo foram realizadas utilizando uma máquina de medição por imagem, que se mostrou muito eficaz na condução das medições, uma vez que o programa que executou as medições, cabendo ao operador apenas posicionar a ferramenta de medição na área de interesse, evitando o viés de leitura dos dados e da própria execução da medição. Esta máquina apresenta como vantagens a possibilidade de se realizar a medição em modelos físicos, que foi o objetivo deste estudo. Desta maneira evitou-se procedimentos de escaneamento dos modelos físicos por meio de escâneres de referência. A medição de modelos físicos possibilitou analisar todos os fatores relacionados à acurácia destes modelos, como por exemplo a influência da qualidade do acabamento, reproduzida na imagem capturada pela máquina. Outra vantagem é a possibilidade de se realizar medições em superfícies arredondadas, como a superfície dos dentes, pois esta máquina apresenta ferramentas de medição para muitos tipos de formas de modelos. As desvantagens desta máquina são a necessidade de treinamento do operador, custo elevado do equipamento e a influência do tipo de material componente do modelo. Se

o material do modelo for translúcido, existirá uma dificuldade na hora de realizar as medições.

O processo de escaneamento intra-oral foi realizado por operadores treinados pelos fabricantes dos escâneres, diminuindo-se a influência deste fator na qualidade do escaneamento (Lim et al., 2018). Também foi utilizada uma estratégia única de escaneamento, uma vez que Anh et al. (2016) e Muller et al. (2016) relataram em seus estudos a influência do tipo de estratégia de escaneamento na qualidade dos arquivos obtidos. Alguns estudos encontrados na literatura não descreveram a estratégia de escaneamento intra-oral utilizada (Cuperus et al., 2012; Ender; Mehl, 2013; Flugge et al., 2013; Guth et al., 2013; Hwang et al., 2013; Cho et al., 2015; Rhee et al., 2015; Renne et al., 2017). Outros estudos informaram que a estratégia utilizada seguiu as recomendações dos fabricantes dos escâneres intra-orais (Ender; Mehl, 2015; Ender et al., 2016). Dois estudos descreveram a estratégia de escaneamento utilizada (Su; Sun, 2015; Shimizu et al., 2017). Ao analisar a influência da estratégia de escaneamento, pode-se dizer que o importante foi realizar o escaneamento de maneira padronizada, para que desta forma a possível influência da estratégia de escaneamento fosse minimizada. Outro aspecto importante foi realizar o escaneamento de maneira que o escâner intra-oral pudesse realizar o processo de maneira mais eficiente. A estratégia de escaneamento utilizada na parte experimental foi a de iniciar o escaneamento pelas faces oclusais dos dentes, que facilitou o escaneamento intra-oral, devido à riqueza de detalhes anatômicos das faces oclusais dos dentes. Esta riqueza de detalhes serviram como pontos de referência para a realização do processo de escaneamento.

O processo de moldagem convencional deste estudo foi realizado utilizando uma moldeira individual com um alívio interno, que padronizou a espessura do material de moldagem. O estudo de Gordon et al. (1990) utilizou uma moldeira de resina acrílica com alívio de aproximadamente 2,5mm. O estudo de Guth et al. (2013) também utilizou uma moldeira individual de resina para realizar as moldagens, sem no entanto informar se confeccionou o alívio interno. O estudo de Kumar e Aeran (2012) relatou que modelos obtidos a partir de moldagens utilizando moldeiras com alívio entre 2 e 4 mm promovem modelos mais estáveis. Desta forma diminuiu-se a possibilidade de se apresentar alterações dimensionais importantes. A técnica de moldagem de dupla impressão, utilizada neste estudo, promove a obtenção de um molde com uma maior estabilidade dimensional (Caputi; Varvara, 2008). Portanto, o

processo de moldagem escolhido para a parte experimental foi a técnica de dupla impressão com um alívio interno de aproximadamente 2,5 mm, padronizando assim este processo de obtenção dos modelos.

De maneira geral, a análise das discrepâncias médias de cada grupo experimental (G1, G2, G3, G4 e G5) em relação ao modelo mestre, forneceram informações relevantes no que diz respeito à influência dos métodos de obtenção dos modelos e dos sítios de medições nos valores de discrepância médias, além de mensurar a semelhança dos modelos de cada grupo experimental com o modelo mestre.

A análise das discrepâncias mostrou que os grupos experimentais G5, G3 e G4, no geral, apresentaram uma menor dispersão nas discrepâncias. Já os grupos experimentais G1 e G2 apresentaram, no geral, sítios nos quais as discrepâncias apresentaram maior dispersão. Este fato indica que o método de obtenção de modelos físicos influenciou nos valores médios das discrepâncias.

Ao analisar as discrepâncias médias nos grupos G1, G2, G3 e G4 observou-se a influência do tipo de impressora nos valores de discrepâncias médias. Os grupos G1 e G2, impressos com a impressora Eden 500V, apresentaram mais sítios com discrepâncias positivas. Já os grupos G3 e G4, impressos com a impressora Miicraft 125 series apresentaram mais sítios com discrepâncias negativas. O tipo de impressora também influenciou na dispersão dos valores de discrepâncias, uma vez que, no geral, foram maiores para G1 e G2 (modelos impressos pela impressora Eden 500V) e menores para G3 e G4 (modelos impressos pela impressora Miicraft 125 series).

Outra situação observada foi que existiram sítios de medições em um mesmo grupo experimental em que ocorreram diferenças significativas e outros sítios dentro do mesmo grupo experimental que não apresentaram diferenças significativas, indicando que o sítio de medição também influenciou na discrepância dos modelos deste estudo. O sítio de medição M1, que apresentou uma grande dimensão, foi o sítio que apresentou as maiores dispersões nos grupos G1, G2, G3 e G4. No grupo G5 o sítio M1 não teve diferenças significativas entre o modelo mestre e os modelos deste grupo experimental. A localização, a amplitude deste sítio de medição e o método de confecção dos modelos podem ter colaborado para uma maior dispersão neste sítio de medição nos grupos G1 a G4.

Os grupos G1, G2, G3 e G4 apresentaram três fatores principais que foram o tipo de escâner, tipo de impressora e o sítio de medição. Por isso foi necessário analisar as possíveis interações entre estes fatores nas discrepâncias dos modelos Impressos. O grupo G5 não fez parte desta análise uma vez que as variáveis tipo de impressora e tipo de escâner não fizeram parte do método de obtenção dos modelos deste grupo.

A Análise da interação tipo de impressora x tipo de escâner x sítio de medições indicou que existiram interações significativas. Os sítios de medições influenciaram de maneira significativa, uma vez que, no geral, ao mudar o sítio de medição dentro de um mesmo grupo ocorreram diferenças significativas. Este fator juntamente com o tipo de impressora foram os que mais influenciaram nas discrepâncias observadas.

O fator tipo de escâner de maneira geral, não influenciou nos valores de discrepâncias observados. Este fato foi observado, uma vez que, os modelos impressos com a impressora Eden 500V apresentaram discrepâncias positivas, independentemente do tipo de escâner utilizado e na maioria dos sítios de medições. Os modelos impressos pela impressora Miicraft 125 series apresentaram, de maneira geral, discrepâncias negativas, independentemente do tipo de escâner utilizado, na maioria dos sítios de medições.

Somente nas situações experimentais G15, G24 e G25, na impressora Eden 500V ocorreram discrepâncias negativas. Os sítios destas situações experimentais apresentam amplitude pequena, ou seja, apresentam pequenas dimensões. Sítios de medições com maior amplitude (maior dimensão), das situações experimentais G11, G12, G21 e G22 promoveram as maiores discrepâncias positivas, nos modelos impressos pela impressora Eden 500V. Neste caso, as dimensões dos sítios também podem ter influenciado na discrepância observada nos modelos.

Ao analisar as situações experimentais nas quais ocorreram discrepâncias positivas para a impressora a Miicraft 125 series (G34, G42 e G44), não foi possível concluir se ocorreu uma influência da amplitude do sítio de medição, uma vez que os sítios de medições das situações experimentais G34 e G44 apresentaram amplitude pequena, mas a situação experimental G42 apresentou uma maior amplitude na dimensão do sítio de medição.

A situação experimental na qual foi utilizado o escâner Omnicam e a impressora Eden 500V no sítio de medição M1 (G21) indicou o maior valor de discrepância média (+0,40mm). Já a situação experimental na qual foi utilizado o escâner Omnicam e a impressora MiiCraft 125 series no sítio de medição M3 (G43) resultou na discrepância com o menor valor médio (-0,33mm). Numericamente a discrepância da situação G21 apresentou a maior discrepância e a situação G43 a menor discrepância. Entretanto, este fato não indica que a situação experimental G21 é pior que a situação experimental G43. No geral, a situação G21 e G43 são diferentes no tipo de discrepância, uma vez que a situação G21 gerou a maior discrepância positiva e a situação G43 gerou a maior discrepância negativa, em relação ao modelo mestre.

A análise da interação tipo de escâner x tipo de impressora para cada sítio de medição indicou a interação no sítio de medição M2, relacionada à diferenças na magnitude das discrepâncias entre as duas impressoras para cada escâner. Nos demais sítios não ocorreu a interação significativa.

Ao analisar os fatores isoladamente foi observado que o tipo de escâner exerceu influência significativa nos sítios M1 e M4. Nos sítios M2, M3, M5 e M6 não existiu uma influência significativa do escâner nos sítios de medições. O tipo de impressora exerceu influência significativa nos sítios M1, M2, M3, M4, M5 e M6, o que indica a grande interação do fator impressora nos valores de discrepância observados em todos os sítios de medições nos grupos experimentais G1, G2, G3 e G4.

Foi observado que nos sítios de medições M1, M2, M3, M5 e M6, para o escâner Omnicam, os modelos impressos com a impressora Eden 500V apresentaram discrepâncias com valores maiores que os modelos impressos pela impressora MiiCraft 125 series, indicando a influência do tipo de impressora e não do sítio de medição, pois ao mudar o tipo de sítio de medição não existiu a mudança no comportamento das impressoras, de maneira geral. Somente o sítio M4 apresentou valor de discrepância menor para Eden 500 V e maior para a impressora MiiCraft 125 series.

Pôde-se observar uma situação semelhante para o escâner Trios, uma vez que nos sítios M1, M2, M3 e M6, os modelos impressos com a impressora Eden 500 V apresentaram discrepâncias maiores que os modelos impressos com a impressora MiiCraft 125 series. O sítio de medição M4 apresentou discrepâncias positivas para as duas impressoras, com valores de discrepâncias menores para os modelos impressos

pela impressora Eden 500V e maiores para a Miicraft 125 series. O sítio de medição M5 apresentou valor de discrepância negativo para as duas impressoras, sem diferenças significativas entre eles. Esta análise novamente indicou que o fator que exerceu a maior influência para cada sítio de medição foi o tipo de impressora, com valores diferentes de discrepância ao mudar o tipo de impressora, mas que manteve desempenho semelhante em grande parte dos sítios de medições, com exceção dos sítios M4 e M5.

A análise da interação tipo de escâner x sítios de medições para cada tipo de impressora mostrou que ao utilizar o mesmo tipo de impressora e mudar o tipo de escâner ocorreram duas situações diferentes. Ao utilizar a impressora Eden 500V foi observado que o fator tipo de escâner não exerceu influência significativa nos valores médios de discrepância dos modelos impressos a partir do escaneamento com o escâner Omnicam e escâner Trios, em todos os sítios de medições.

O desempenho da impressora Miicraft 125 series mostrou um resultado diferente. O fator tipo de escâner exerceu influência significativa nos valores de discrepância, uma vez que no sítio de medição M1 ocorreram diferenças significativas ao variar o tipo de escâner. As discrepâncias nos demais sítios dos modelos impressos a partir do escaneamento com o escâner Trios e com o escâner Omnicam não apresentaram diferenças significativas entre si.

Apesar de ter sido observado a ausência de diferenças significativas nos modelos impressos pela impressora Eden 500V, variando-se o tipo de escâner, este fato foi devido à grande dispersão em alguns sítios de medições, que englobaram os valores de outros sítios dentro de seu intervalo de confiança, promovendo esta ausência de diferenças significativas. Ou seja, o desempenho da impressora não foi constante, fato esse observado nas grandes dispersões observadas em alguns sítios de medições (G14, G11 e G21), o que levou à esta ausência de diferenças significativas ao variar o escâner. No caso dos modelos impressos pela impressora Miicraft 125 series, também foi observado uma ausência de diferenças significativas em cinco sítios de medições dos modelos impressos a partir da utilização dos dois escâneres, mas este fato foi devido à uma uniformidade do desempenho desta impressora, que gerou modelos de grupos diferentes com discrepâncias médias semelhantes entre si, nos sítios de medições M2, M3, M4, M5 e M6, diferente do observado na impressora Eden 500V. Esta diferença na dispersão pode estar relacionada à qualidade dos modelos impressos pela impressora Eden 500V, que

apresentaram um acabamento geral pior que os modelos impressos pela impressora Miicraft 125 series, o que dificultou as medições por parte da máquina Quick Scope.

Ao analisar os sítios de medições, mais uma vez foi possível observar a interação, pois ao analisar sítios diferentes dentro de um mesmo grupo foram observadas diferenças entre as discrepâncias médias. Portanto a interação tipo de escânerxsítios de medições foi significativa para as duas impressoras utilizadas neste estudo.

Ao analisar a interação dos fatores tipo de impressoraxsítios de medições para cada tipo de escâner, pôde-se observar que os modelos impressos pela impressora Eden 500 V apresentaram, em geral, discrepâncias positivas e os modelos impressos pela impressora Miicraft 125 series apresentaram, em geral, discrepâncias negativas, independentemente do tipo de escâner utilizado. Algumas exceções foram observadas nas situações experimentais G34 e G15, para o escâner Trios e G42, G44, G24 e G25, para o escâner Omnicam, nas quais ocorreram uma inversão nos valores de discrepâncias observados (positivos para Miicraft 125 series e negativos para Eden 500V).

Ao analisar os sítios de medições também foi possível identificar a interação, pois foi constatado novamente, que em sítios diferentes dentro de um mesmo grupo foram observadas diferenças entre as discrepâncias médias. Portanto a interação tipo de impressoraxsítios de medições foi significativa para os dois escâneres utilizados neste estudo.

Os resultados desta Tese indicaram que houveram diferenças significativas nos dois processos de obtenção de modelos, quando comparados com o modelo mestre. Tanto a moldagem convencional quanto o escaneamento intra-oral e impressão 3D produziram modelos com diferenças significativas em relação ao modelo mestre. Estudos encontrados na literatura obtiveram resultados semelhantes, indicando que os modelos de gesso e impressos, também foram diferentes estatisticamente, em relação ao modelo mestre (Caputi; Varvara, 2008; Keating et al., 2008; Kumar; Aeran, 2012; Manoj et al., 2013; Lee et al., 2015; Park; Shin, 2018).

Os resultados também indicaram que os modelos impressos do grupos G1 e G2, no geral, apresentaram uma tendência de apresentar uma menor repetibilidade, quando comparados com os modelos de gesso (G5) e os modelos impressos dos grupos G3 e G4. Os modelos do G5 apresentaram o melhor coeficiente de

repetibilidade (CR) nos sítios M2 e M5 e seu desempenho geral nos outros sítios foi bom, apresentando somente o sítio M4 com o segundo pior CR. O sítio M6 apresentou CR mediano e os sítios M1 e M3 apresentaram o segundo melhor CR.

Os modelos do G1 apresentaram os piores coeficientes de repetibilidade nos sítios M1 e M6, o segundo pior CR em M2 e CR's medianos em M3, M4 e M5. Os modelos do G2 apresentaram o melhor CR em M3 e M4, semelhante ao G5 que também apresentou dois sítios com os melhores CR's. Entretanto, os CR's em M2 e M5 foram os piores e em M1 e M6 apresentaram o segundo pior CR.

Os modelos do G3 apresentaram CR mediano em M1 e M2, o segundo pior CR em M3 e nos sítios M4, M5 e M6 apresentaram o segundo melhor CR. Este grupo não apresentou nenhum sítio de medição com o melhor CR. Porém, no geral, apresentou um bom CR em todos os sítios de medições. Os modelos do G4 apresentaram os melhores CR's em M1 e M6, e o segundo melhor CR em M2. Entretanto, apresentou nos sítios M3 e M4 os piores CR's e o sítio M5 apresentou o segundo pior CR, sendo portanto, inferior a G5.

Portanto, no geral, os grupos experimentais G5 e G3 apresentaram a melhor repetibilidade, devido ao desempenho geral em todos os sítios de medições. G4 apresentou um desempenho levemente superior a G2 e o G1 apresentou a pior repetibilidade, uma vez que, não apresentou nenhum melhor CR e nos demais apresentou CR's medianos e em M2 o segundo pior CR.

Ao analisar a semelhança dos modelos impressos e de gesso, em relação do modelo mestre, novamente pôde-se observar um melhor desempenho dos modelos de gesso (G5), que apresentaram três sítios de medições (M1, M5 e M6) sem diferenças significativas com o modelo mestre, e uma dispersão pequena nos demais sítios de medições (M2, M3 e M4).

O grupo G1 apresentou dois sítios de medições (M3 e M4) sem diferenças significativas. Entretanto, os valores médios de discrepância estavam distantes do "zero" (modelo mestre), diferente do observado em G5. Ao analisar a dispersão das medidas, pôde-se observar uma maior dispersão neste grupo, quando comparado com o G5, principalmente nos sítios M4 e M1.

O grupo G2 apresentou dois sítios de medições (M4 e M5) sem diferenças significativas com o modelo mestre. A dispersão nos sítios deste grupo também foi maior que o observado no G5, principalmente em M1.

O grupo G4 apresentou dois sítios de medições (M1 e M2) sem diferenças significativas com o modelo mestre. Entretanto, a dispersão dos valores médios de discrepância foram maiores que o observado em G5. O grupo G3 apresentou somente um sítio de medição sem diferenças significativa (M2), mas as dispersões foram menores que o observado no G1, G2 e G4. Quando comparado com o G5, pode-se dizer que, no geral, o G3 apresentou dispersões semelhantes.

No geral, o G5 apresentou uma boa semelhança com o modelo mestre, devido aos três sítios de medições sem diferenças significativas, e uma boa repetibilidade, uma vez que a dispersão geral nos seis sítios de medições foi pequena. O grupo G3 apresentou uma boa repetibilidade e um semelhança ruim, devido ao fato de existir somente um sítio sem diferenças com o modelo mestre. O grupo G1 apresentou a pior repetibilidade e uma semelhança mediana, devido à dispersão maior dos valores de M3 e M4. O grupo G4 apresentou um desempenho levemente superior à G2 na repetibilidade e na semelhança, sendo inferiores a G5.

Portanto, é possível afirmar que, no geral, os modelos de gesso apresentaram uma melhor acurácia (semelhança e repetibilidade), quando comparados com os modelos impressos, pois apresentaram um bom CR e discrepâncias que indicaram um bom grau de semelhança com o modelo mestre. Resultados semelhantes foram observados em estudos previamente publicados (Keating et al., 2008; Ender; Mehl, 2013; Cho et al., 2015; Kuhr et al., 2016; Wan Hassan et al., 2017; Park; Shin, 2018), que apesar de seguirem uma metodologia e amostragem distintas, indicaram que os modelos de gesso apresentaram uma acurácia superior. Já um trabalho encontrado na literatura não revelou diferenças significativas entre os dois tipos de modelos (Lee et al. 2015). Entretanto o modelo físico foi fresado e não impresso. Por isso este resultado não pôde ser comparado com os resultados obtidos nesta tese.

Uma das possíveis razões para uma maior dispersão dos modelos impressos pode ser o escaneamento de arco total, utilizado neste estudo. Um estudo clínico de Ender et al. (2016) mostrou que a acurácia dos modelos de gesso e os modelos obtidos a partir de escaneamento de hemi-arco, mostraram acurácia semelhantes. O fato deste estudo ter sido *in vivo* pode indicar que as dificuldades inerentes a um estudo clínico possam ter prejudicado a moldagem, piorando a qualidade dos modelos de gesso, ou que o escaneamento de hemi-arco realmente favoreceu a qualidade do escaneamento intra-oral, uma vez que as condições clínicas também dificultam este processo.

O aumento da área de escaneamento pode ter influenciado na maior discrepância nos modelos impressos, como observado em um estudo encontrado na literatura que concluiu que quanto maior a distância entre os transferentes de moldagem de posicionamento de implante, aumentando assim a área de escaneamento, maior a discrepância observada nos escaneamentos realizados com o escâner intra-oral (Flugge et al., 2016). Entretanto, outro estudo encontrado na literatura indicou que o uso do escâner intra-oral Trios, que foi utilizado neste estudo, não influenciou na discrepância dos modelos, no caso de escaneamento de arco total (Renne et al., 2017). Esta referência vem de encontro aos resultados do nosso trabalho, no qual o escâner não foi um fator que causou perda de acurácia dos modelos físicos. Portanto, a literatura não é conclusiva na influência deste fator na qualidade do escaneamento de arco total.

Os resultados obtidos sugerem um pior desempenho dos modelos impressos, frente aos modelos de gesso, e após a análise das variáveis deste estudo, é possível afirmar que o fator tipo de impressora exerceu a maior influência na qualidade dos modelos. Os modelos impressos com a impressora Eden 500V (dos grupos G1 e G2) apresentaram discrepâncias mas significativas com maiores dispersões dos valores de discrepância. A análise visual destes modelos mostrou um padrão de acabamento constante, mas quando comparados com os modelos impressos pela impressora Miicraft 125 series e os modelos de gesso, se mostraram inferiores no que diz respeito ao acabamento geral.

Este fato influenciou diretamente nas medições com a máquina Quick Scope. Por se tratar de uma máquina que executa as medições por meio de captura de imagens do corpo de prova, o acabamento superficial dos modelos dos grupos G1 e G2, dificultou a realização das medições, levando a um desempenho inferior. Os modelos de gesso e impressos pela impressora Miicraft 125 series apresentaram um acabamento melhor, que influenciou nos resultados. Outro fato que deve ser abordado é a espessura das camadas de impressão dos modelos. As camadas da impressora Eden 500V (16 μ m) são maiores que as camadas da impressora Miicraft 125 series (5 μ m), o que poderia influenciar na qualidade e acabamento dos modelos impressos por cada impressora, piorando a qualidade dos modelos impressos com a camada de impressão mais grossa.

Outro fato interessante é a influência do processo de polimerização final dos modelos. A impressora Eden 500V promove a impressão de modelos que não

necessitam de um processo de polimerização final. Já a impressora Miicraft 125 series demanda um processo de polimerização final dos modelos impressos. A influência deste fator pôde ser observada nas discrepâncias dos modelos. Com exceção de algumas situações experimentais, os modelos impressos pela impressora Eden 500V apresentaram discrepâncias positivas. Os modelos impressos pela impressora Miicraft 125 series apresentaram, na maioria das situações experimentais, discrepâncias negativas em relação ao modelo mestre, indicando uma contração dos modelos, provavelmente relacionada ao processo de polimerização final. Estas observações independeram do escâner que foi utilizado.

Logo, a impressão de modelos deve ter um protocolo padronizado, definindo posicionamento de impressão e tempo necessário para a polimerização final, uma vez que estes fatores podem influenciar na qualidade final do modelo (Choi et al., 2002; Ide et al., 2017). O acabamento final e espessura das camadas de impressão também devem ser observados, para que seja privilegiado a qualidade do modelo ao invés da rapidez na impressão, que utilizando camadas mais espessas de impressão, diminuiria a qualidade no acabamento do modelo impresso.

Outro fator diferencial deste estudo foi a realização das medições comparativas em modelos físicos, ou seja, não foi feita uma análise dos modelos por meio de programas de sobreposição de imagens. O operador da máquina contou com diversas ferramentas de medições e utilizou a mais adequada às características dos corpos de prova utilizados na parte experimental e o programa que realizou as medições lineares. Os posicionadores dos corpos de prova permitiram a utilização de um posicionamento padronizado para todos os corpos de prova, em cada sítio de medição, bastando realizar a troca de um modelo para o outro para realizar as medições. Segundo o fabricante, a máquina de medição Quick Scope também apresenta um erro inerente à técnica (2,0 μm), mas que tornou-se irrelevante na análise dos modelos deste estudo.

A utilização de um programa de sobreposição de imagens, utilizada em grande parte dos estudos mais recentes, proporciona uma análise qualitativa que indica discrepâncias volumétricas e localização das discrepâncias mais relevantes. Entretanto, deve-se ter cautela na análise das informações quantitativas. A sobreposição de imagens pode gerar valores numéricos de discrepâncias em toda a superfície do modelo analisado, fornecendo uma discrepância média. Porém, esta

discrepância média pode mascarar discrepâncias maiores em regiões de maior interesse, como por exemplo áreas de preparo ou pontas de cúspides. Outro fator complicador é a dificuldade de manuseio do programa de sobreposição de imagens, que demanda treinamento e existe um alto custo de aquisição. Existe também a necessidade de um escâner de referência para digitalizar os modelos, sendo outro fator que pode encarecer o estudo.

Os fatores estudados (tipo de impressora, tipo de escâner e sítio de medição) indicaram a presença de interação na acurácia geral dos modelos impressos. Este fato foi ilustrado pela presença de discrepâncias negativas e positivas com diferenças significativas, que, no geral, apresentaram valores numéricos de até 0,30mm. Somente algumas situações experimentais exibiram discrepâncias mais importantes, com valores médios maiores que 0,30mm. Estudos encontrados na literatura sustentam a tese de que discrepâncias de até 0,30mm são consideradas clinicamente aceitáveis para modelos de diagnóstico e estudo para Ortodontia (Murugesan et al., 2012; Hazeveld et al., 2014; Park; Shin, 2018). Portanto, os métodos de obtenção de modelos físicos impressos deste estudo podem ser utilizados para produção destes tipos de modelos.

Entretanto, a utilização de impressoras 3D na fabricação de modelos para confecção de próteses demanda novas pesquisas e até este momento não fornecem modelos indicados para este objetivo (Park; Shin, 2018). Baseado nos resultados obtidos, os modelos de gesso ainda são os mais indicados para a confecção de restaurações protéticas.

O presente estudo apresenta uma limitação que pelo fato de ser um trabalho *in vitro* não foi possível simular as condições clínicas que poderiam prejudicar a qualidade do processo de escaneamento (Flugge et al., 2013). A ausência das condições clínicas poderiam ter favorecido o escaneamento intra-oral, como observado em um estudo *in vitro* comparativo entre um escâner intra-oral e um escâner de bancada (Guth et al., 2013). O fato de não existirem fatores que pudessem causar dificuldades no escaneamento intra-oral, poderia ter gerado um arquivo digital de melhor qualidade e uma impressão de modelos com bom grau de acurácia, o que não foi o caso. A qualidade geral do modelo, assim como o seu acabamento foram decisivos para o melhor desempenho de um método de obtenção de modelos em relação ao outro. No caso os modelos de gesso apresentaram um desempenho

melhor, juntamente com os modelos impressos pela Impressora Miicraft 125 series, seguidos pelos modelos impressos pela impressora Eden 500V, que apresentaram um acabamento geral inferior, independentemente do tipo de escâner.

Entretanto, o desempenho superior dos modelos de gesso em relação aos modelos impressos, no que diz respeito à semelhança e repetibilidade dos modelos, pode não ser observado na rotina do cirurgião dentista. Isto deve-se ao fato de que o cirurgião dentista, em geral, não realiza os passos da manipulação e confecção do modelo de gesso de maneira padronizada. Muitas vezes existem falhas na obtenção deste modelo, o que pode baixar a qualidade do mesmo, como observado no estudo de Rau et al. (2017). Neste caso a impressão dos modelos pode apresentar uma melhor acurácia, uma vez que a influência do operador no processo de impressão do arquivo digital é menor. Esta influência se resume ao processo pós impressão, que pode influenciar na qualidade do modelo impresso.

Outro fato que deve ser ilustrado é que os erros e dispersões são inerentes e sempre irão ocorrer na confecção de modelos de gesso ou impressão a partir de arquivos digitais. Estes erros inerentes e variações na confecção de um modelo físico devem estar em um nível clinicamente aceitável, que permita ao cirurgião dentista a utilização deste modelo para a função a qual ele foi confeccionado. Cabe ao cirurgião dentista pesquisar qual o método de obtenção de modelos será o mais indicado para o seu objetivo, sabendo que estas variações irão ocorrer.

7 CONCLUSÕES

Após a condução da revisão de literatura, realização da parte experimental e análise dos resultados, pôde-se concluir que, nas condições experimentais deste estudo:

- Os modelos de gesso tipo IV, obtidos a partir da moldagem convencional, apresentaram uma melhor acurácia em relação aos modelos impressos, por apresentarem discrepâncias médias mais próximas do modelo mestre e um melhor coeficiente de repetibilidade, de maneira geral, sendo mais indicados para a confecção de próteses.

- Dentre os três fatores analisados, nos modelos impressos, o tipo de impressora exerceu a maior influência nos valores de discrepâncias dos modelos, seguido dos fatores sítio de medição e tipo de escâner intra-oral.

- O acabamento superficial influenciou significativamente na acurácia dos modelos impressos.

REFERÊNCIAS¹

Alharbi N, Wismeijer D, Osman RB. Additive Manufacturing Techniques in Prosthodontics: Where Do We Currently Stand? A Critical Review. *Int J Prosthodont*. 2017 set-out;30(5):474-84. doi: 10.11607/ijp.5079.

Alhourri N, McCord JF, Smith PW. The quality of dental casts used in crown and bridgework. *Br Dent J*. 2004 set;197(5):261-4;discussion 249.

Anh JW, Park JM, Chun YS, Kim M, Kim M. A comparison of the precision of three-dimensional images acquired by 2 digital intraoral scanners: effects of tooth irregularity and scanning direction. *Korean J Orthod*. 2016 jan;46(1): 3-12. doi: 10.4041/kjod.2016.46.1.3.

Bell A, Ayoub AF, Siebert P. Assessment of the accuracy of a three-dimensional imaging system for archiving dental study models. *J Orthod*. 2003 set;30(3): 219-23.

Bhambhani R, Bhattacharya J, Sen SK. Digitization and its futuristic approach in prosthodontics. *J Indian Prosthodont Soc*. 2013 set;13(3): 165-74. doi: 10.1007/s13191-012-0181-2.

Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical methods in medical research*. 1999 Jun;8(2):135-60.

Bland JM, Altman DG. Agreement between methods of measurement with multiple observations per individual. *Journal of biopharmaceutical statistics*. 2007 jul;17(4):571-82.

Boeddinghaus M, Breloer ES, Rehmann P, Wostmann B. Accuracy of single-tooth restorations based on intraoral digital and conventional impressions in patients. *Clin Oral Investig*. 2015 nov;19(8):2027-34. doi: 10.1007/s00784-015-1430-7.

Brawek PK, Wolfart S, Endres L, Kirsten A, Reich S. The clinical accuracy of single crowns exclusively fabricated by digital workflow--the comparison of two systems. *Clin Oral Investig*. 2013 dez;17(9):2119-25. doi: 10.1007/s00784-013-0923-5.

¹ De acordo com estilo Vancouver.

Brosky ME, Pesun IJ, Lowder PD, DeLong R, Hodges JS. Laser digitization of casts to determine the effect of tray selection and cast formation technique on accuracy. J Prosthet Dent. 2002 fev;87(2):204-9.

Caputi S, Varvara G. Dimensional accuracy of resultant casts made by a monophasic, one-step and two-step, and a novel two-step putty/light-body impression technique: an *in vitro* study. J Prosthet Dent. 2008 abr;99(4):274-81. doi: 10.1016/S0022-3913(08)60061-X.

Cho SH, Schaefer O, Thompson GA, Guentsch A. Comparison of accuracy and reproducibility of casts made by digital and conventional methods. J Prosthet Dent. 2015 abr;113(4):310-5. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.09.027.

Choi JY, Choi JH, Kim NK, Kim Y, Lee JK, Kim MK, Lee JH, Kim MJ. Analysis of errors in medical rapid prototyping models. Int J Oral Maxillofac Surg. 2002 fev;31(1):23-32.

Cuperus AM, Harms MC, Rangel FA, Bronkhorst EM, Schols JG, Breuning KH. Dental models made with an intraoral scanner: a validation study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2012 set;142(3):308-13. doi: 10.1016/j.ajodo.2012.03.031.

Dawood A, Marti Marti B, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. Br Dent J. 2015 dez;219(11):521-9. doi: 10.1038/sj.bdj.2015.914.

Eftekhari Ashtiani R, Nasiri Khanlar L, Mahshid M, Moshaverinia A. Comparison of dimensional accuracy of conventionally and digitally manufactured intracoronary restorations. J Prosthet Dent. 2018 fev;119(2):233-8. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.03.014.

Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. J Prosthet Dent. 2013 fev;109(2):121-8. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60028-1.

Ender A, Mehl A. In-vitro evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining full-arch dental impressions. Quintessence Int. 2015 jan;46(1):9-17. doi: 10.3290/j.qi.a32244.

Ender A, Zimmermann M, Attin T, Mehl A. *In vivo* precision of conventional and digital methods for obtaining quadrant dental impressions. Clin Oral Investig. 2016 set;20(7):1495-1504. doi: 10.1007/s00784-015-1641-y.

Fernandez MA, Nimmo A, Behar-Horenstein LS. Digital Denture Fabrication in Pre- and Postdoctoral Education: A Survey of U.S. Dental Schools. *J Prosthodont*. 2016 jan;25(1):83-90. doi: 10.1111/jopr.12287.

Flugge TV, Att W, Metzger MC, Nelson K. Precision of Dental Implant Digitization Using Intraoral Scanners. *Int J Prosthodont*. 2016 mai-jun;29(3):277-83. doi: 10.11607/ijp.4417.

Flugge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013 set;144(3):471-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2013.04.017.

Gjelvold B, Chrcanovic BR, Korduner EK, Collin-Bagewitz I, Kisch J. Intraoral Digital Impression Technique Compared to Conventional Impression Technique. A Randomized Clinical Trial. *J Prosthodont*. 2016 jun;25(4):282-287. doi: 10.1111/jopr.12410.

Gordon GE, Johnson GH, Drennon DG. The effect of tray selection on the accuracy of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent*. 1990 jan;63(1):12-5.

Guth JF, Keul C, Stimmelmayer M, Beuer F, Edelhoff D. Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. *Clin Oral Investig*. 2013 mai;17(4):1201-8. doi: 10.1007/s00784-012-0795-0.

Hazeveld A, Huddleston Slater JJ, Ren Y. Accuracy and reproducibility of dental replica models reconstructed by different rapid prototyping techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014 jan;145(1):108-15. doi: 10.1016/j.ajodo.2013.05.011.

Hoyos A, Soderholm KJ. Influence of tray rigidity and impression technique on accuracy of polyvinyl siloxane impressions. *Int J Prosthodont*. 2011 jan-fev;24(1):49-54.

Hwang YC, Park YS, Kim HK, Hong YS, Ahn JS, Ryu JJ. The evaluation of working casts prepared from digital impressions. *Oper Dent*. 2013 nov-dez;38(6):655-62. doi: 10.2341/12-352-L.

Ide Y, Nayar S, Logan H, Gallagher B, Wolfaardt J. The effect of the angle of acuteness of additive manufactured models and the direction of printing on the dimensional fidelity: clinical implications. *Odontology*. 2017 jan;105(1):108-15. doi: 10.1007/s10266-016-0239-4.

Ishida Y, Miyasaka T. Dimensional accuracy of dental casting patterns created by 3D printers. *Dent Mater J*. 2016 mar;35(2):250-6. doi: 10.4012/dmj.2015-278.

Jeong ID, Lee JJ, Jeon JH, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Accuracy of complete-arch model using an intraoral video scanner: An *in vitro* study. *J Prosthet Dent*. 2016 jun;115(6):755-9. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.11.007.

Johnson GH, Craig RG. Accuracy of addition silicones as a function of technique. *J Prosthet Dent*. 1986 fev;55(2):197-203.

Kasparova M, Grafova L, Dvorak P, Dostalova T, Prochazka A, Eliasova H, Prusa J, Kakawand S. Possibility of reconstruction of dental plaster cast from 3D digital study models. *Biomed Eng Online*. 2013 mai;12:49. doi: 10.1186/1475-925X-12-49.

Keating AP, Knox J, Bibb R, Zhurov AI. A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. *J Orthod*. 2008 set;35(3):191-201; discussion 175. doi: 10.1179/146531207225022626.

Kuhr F, Schmidt A, Rehmann P, Wostmann B. A new method for assessing the accuracy of full arch impressions in patients. *J Dent*. 2016 dez;55:68-74. doi: 10.1016/j.jdent.2016.10.002.

Kumar V, Aeran H. Evaluation of effect of tray space on the accuracy of condensation silicone, addition silicone and polyether impression materials: an *in vitro* study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2012 set;12(3):154-160. doi: 10.1007/s13191-012-0124-y.

Lee SJ, Betensky RA, Gianneschi GE, Gallucci GO. Accuracy of digital versus conventional implant impressions. *Clin Oral Implants Res*. 2015 jun;26(6):715-9. doi: 10.1111/clr.12375.

Lim JH, Park JM, Kim M, Heo SJ, Myung JY. Comparison of digital intraoral scanner reproducibility and image trueness considering repetitive experience. *J Prosthet Dent*. 2018 fev;119(2):225-32. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.05.002.

Manoj SS, Cherian KP, Chitre V, Aras M. A Comparative Evaluation of the Linear Dimensional Accuracy of Four Impression Techniques using Polyether Impression Material. *J Indian Prosthodont Soc*. 2013 dez;13(4):428-38. doi: 10.1007/s13191-013-0255-9.

Muller P, Ender A, Joda T, Katsoulis J. Impact of digital intraoral scan strategies on the impression accuracy using the TRIOS Pod scanner. *Quintessence Int.* 2016 abr;47(4):343-9. doi: 10.3290/j.qi.a35524.

Murugesan K, Anandapandian PA, Sharma SK, Vasantha Kumar M. Comparative evaluation of dimension and surface detail accuracy of models produced by three different rapid prototype techniques. *J Indian Prosthodont Soc.* 2012 mar;12(1):16-20. doi: 10.1007/s13191-011-0103-8.

Ng J, Ruse D, Wyatt C. A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods. *J Prosthet Dent.* 2014 set;112(3):555-60. doi: 10.1016/j.prosdent.2013.12.002.

Papaspyridakos P, Gallucci GO, Chen CJ, Hanssen S, Naert I, Vandenberghe B. Digital versus conventional implant impressions for edentulous patients: accuracy outcomes. *Clin Oral Implants Res.* 2016 abr;27(4):465-72. doi: 10.1111/clr.12567.

Park ME, Shin SY. Three-dimensional comparative study on the accuracy and reproducibility of dental casts fabricated by 3D printers. *J Prosthet Dent.* 2018 mai;119(5):861-8. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.08.020.

Rau CT, Olafsson VG, Delgado AJ, Ritter AV, Donovan TE. The quality of fixed prosthodontic impressions: An assessment of crown and bridge impressions received at commercial laboratories. *J Am Dent Assoc.* 2017 set;148(9):654-60. doi: 10.1016/j.adaj.2017.04.038.

Renne W, Ludlow M, Fryml J, Schurch Z, Mennito A, Kessler R, Lauer A. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An *in vitro* analysis based on 3-dimensional comparisons. *J Prosthet Dent.* 2017 jul;118(1):36-42. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.09.024.

Rhee YK, Huh YH, Cho LR, Park CJ. Comparison of intraoral scanning and conventional impression techniques using 3-dimensional superimposition. *J Adv Prosthodont.* 2015 dez;7(6):460-7. doi: 10.4047/jap.2015.7.6.460.

Saito T. Preparos dentais funcionais em prótese fixa: princípios mecânicos, biológicos e de oclusão. 2ª ed. São Paulo: Santos; 1999.

Schepke U, Meijer HJ, Kerdijk W, Cune MS. Digital versus analog complete-arch impressions for single-unit premolar implant crowns: Operating time and patient preference. *J Prosthet Dent*. 2015 set;114(3):403-6 e401. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.04.003.

Shimizu S, Shinya A, Kuroda S, Gomi H. The accuracy of the CAD system using intraoral and extraoral scanners for designing of fixed dental prostheses. *Dent Mater J*. 2017 jul;36(4):402-7. doi: 10.4012/dmj.2016-326.

Su TS, Sun J. Comparison of repeatability between intraoral digital scanner and extraoral digital scanner: An in-vitro study. *J Prosthodont Res*. 2015 out;59(4):236-42. doi: 10.1016/j.jpor.2015.06.002.

Su TS, Sun J. Comparison of marginal and internal fit of 3-unit ceramic fixed dental prostheses made with either a conventional or digital impression. *J Prosthet Dent*. 2016 set;116(3):362-7. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.01.018.

Vandeweghe S, Vervack V, Vanhove C, Dierens M, Jimbo R, De Bruyn H. Accuracy of optical dental digitizers: an *in vitro* study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2015 jan-fev;35(1):115-21. doi: 10.11607/prd.2185.

Wan Hassan WN, Yusoff Y, Mardi NA. Comparison of reconstructed rapid prototyping models produced by 3-dimensional printing and conventional stone models with different degrees of crowding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017 jan;151(1):209-18. doi: 10.1016/j.ajodo.2016.08.019.

Wesemann C, Muallah J, Mah J, Bumann A. Accuracy and efficiency of full-arch digitalization and 3D printing: A comparison between desktop model scanners, an intraoral scanner, a CBCT model scan, and stereolithographic 3D printing. *Quintessence Int*. 2017 jan;48(1):41-50. doi: 10.3290/j.qi.a37130.

Wiranto MG, Engelbrecht WP, Tutein Nolthenius HE, van der Meer WJ, Ren Y. Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013 jan;143(1):140-7. doi: 10.1016/j.ajodo.2012.06.018.

Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health*. 2014 jan;14:10. doi: 10.1186/1472-6831-14-10.