

DANILO DE MELO LOPES

**Análise comparativa da precisão da moldagem de múltiplos implantes em
maxila edêntula pela técnica convencional e digital**

São Paulo

2021

DANILO DE MELO LOPES

**Análise comparativa da precisão da moldagem de múltiplos implantes em
maxila edêntula pela técnica convencional e digital**

Versão Corrigida

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: Reabilitação Oral

Orientador: Prof. Dr. Pedro Tortamano Neto

São Paulo
2021

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

Lopes, Danilo de Melo.

Análise comparativa da precisão da moldagem de múltiplos implantes em maxila edêntula pela técnica convencional e digital / Danilo de Melo Lopes ; orientador Pedro Tortamano Neto. -- São Paulo, 2021.

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

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas. Área de concentração: Reabilitação Oral. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.
Versão corrigida.

1. Acurácia. 2. Arco dental. 3. Implantes dentários. 4. Scanner intraoral. 5. Moldagem odontológica. I. Tortamano Neto, Pedro. II. Título.

Lopes DM. Análise comparativa da precisão da moldagem de múltiplos implantes em maxila edêntula pela técnica convencional e digital. Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em:15/03/2021

Banca Examinadora

Profa. Dra. Regina Tamaki

Instituição: FOUSP

Julgamento: APROVADO

Prof. Dr. Roger Nishyama

Instituição: FOUSP

Julgamento: APROVADO

Prof. Dr. João Maurício Ferraz da Silva

Instituição: UNESP-SJC

Julgamento: APROVADO

À minha esposa Maria Fernanda e à minha filha Julia, motivo de toda minha inspiração.

Aos meus pais, Bolivar e Maria Antonia, que desde cedo me mostraram a importância da educação para atingir os objetivos na vida.

Aos meus sogros, Nadal e Lu, por serem como pais para mim.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro Tortamano Neto, que acreditou, apoiou e guiou nessa jornada.

À Profa. Dra. Regina Tamaki que nunca deixou de incentivar em um só segundo e por ser a grande responsável por hoje fazer parte deste grupo.

Ao Prof. Dr. Atlas Moleros Nakamae, meu primeiro orientador, responsável por me direcionar ao mundo da pesquisa.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo, representada pelo Magnífico Reitor Prof. Dr. Vahan Agopyan. À Faculdade de Odontologia, representada pelo seu diretor, Prof. Dr. Rodney Garcia Rocha e da chefe do Departamento de Prótese Profa. Dra. Tomie Toyota de Campos.

À comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da USP, presidida pela Prof. Dr. Fábio Daumas Nunes e o Coordenador de Programa Prof. Dr. Pedro Tortamano Neto.

Aos Professores da Disciplina de Prótese Total da Faculdade de Odontologia da USP, Prof. Dr. Márcio Katsuyoshi Mukai, Prof. Dr. Roberto Nobuaki Yamada e Prof. Dr. Roger Nishyama pelo apoio e conhecimentos transmitidos.

Ao Prof. Dr. Ricardo Jun Furuyama, cujo engajamento foi de fundamental importância para que esse trabalho ficasse mais completo.

Ao Prof. Dr. Washington Steagall Jr. pela fundamental dedicação na finalização deste trabalho.

Ao Prof. André Marques e a CD Fabíola Lanfredi, que muito me ajudaram no andamento do trabalho.

Às empresas Straumann e Sirona, em fornecer seus equipamentos e pelos aconselhamentos durante o processo.

A empresa Vtech Consulting, em nome da Isabela Quadros, que teve papel fundamental no desenvolvimento e na análise tridimensional dos arquivos.

Aos laboratórios Fonseca, em nome do Cláudio Fonseca, e Maioral, em nome do Marcus Maioral, por cederem a estrutura de seus laboratórios, permitindo a execução deste projeto.

Aos meus colegas de Pós-Graduação, que fizeram dessa caminhada mais feliz.

Aos funcionários do Departamento de Prótese Dentária da Faculdade de Odontologia da USP.

Às funcionárias do Serviço de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da USP, Alessandra Moreira de Lima e Cátia Tiezzi dos Santos

Minha eterna gratidão.

Fatos são coisas teimosas;
e quaisquer que sejam nossos desejos,
nossas inclinações ou os ditames de nossas paixões,
eles não podem alterar o estado de fatos e evidências

John Adams

RESUMO

Lopes DM. Análise comparativa da precisão da moldagem de múltiplos implantes em maxila edêntula pela técnica convencional e digital [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2021. Versão Corrigida.

Diferentes técnicas e materiais têm sido propostos de forma a diminuir possíveis erros que envolvem as moldagens convencionais. Com a modernização e evolução tecnológica, há um contínuo avanço dos sistemas de digitalização extra e intra orais. Na implantodontia, o uso de sistemas digitais tem se tornado cada vez mais acessível, porém, seu uso em casos de arco completo ainda se apresenta de forma mais limitada. O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo comparativo da acurácia da moldagem de múltiplos implantes em maxila edêntula pela moldagem convencional e digital. Foi utilizado um modelo mestre de maxila edêntula contendo seis análogos de implantes de conexão interna a partir do qual foram comparadas a técnica de moldagem convencional de moldeira aberta com a moldagem digital, feita com quatro diferentes escâneres intra orais (n=50). Os arquivos STL gerados foram comparados com o modelo mestre por meio do software de inspeção tridimensional GOM Inspect Professional 2019. Os resultados obtidos mostram que o método digital apresenta uma superioridade nos índices de veracidade e precisão sobre o método convencional. Dentre os escâneres avaliados o Primescan foi o dispositivo que apresentou o maior grau de acurácia, seguido dos escâneres TRIOS, Virtuo e iTero, e que o aumento da angulação dos implantes exerceu influência negativa nos resultados apresentados pelo método convencional e pelo escâner Primescan, porém não apresenta papel fundamental na acurácia dos escâneres TRIOS, Virtuo e iTero.

Palavras-chave: Acurácia. Arco completo. Implante dentário. Escâner intra oral e moldagem digital.

ABSTRACT

Lopes DM. Comparative analysis of multiple implants digital impression accuracy in edentulous maxilla [thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2021. Versão Corrigida.

Different techniques and material have been proposed in order to reduce possible errors that involve conventional impressions. There is a continuous advance of extra and intraoral scanners by technological evolution. In implant dentistry, the use of digital systems has become increasingly accessible, but its use in full-arch edentulous rehabilitation is still more limited. This present study aimed to carry out a comparative analysis of multiple implants digital impression accuracy in edentulous maxilla. A master cast of an edentulous maxilla with six internal connection analogs was used. Ten impressions were performed and four intraoral were used (n=50). The STL files were then analyzed by the tridimensional inspection software GOM Inspect Professional 2019. Digital impression has more trueness and precision than conventional impression. Primescan has more accuracy followed by TRIOS, Virtuo and iTero, and angulation seems plays a negative role on accuracy for the conventional impression and Primescan however has no effect on TRIOS, Virtuo and iTero.

Keywords: Accuracy. Full arch. Dental implant. Intraoral scanner and digital impression.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1 - Modelo mestre.....	49
Figura 4.2 - Moldeira individual aberta.....	51
Figura 4.3- Transferente de moldagem para moldeira aberta.....	51
Figura 4.4 - Transferente unidos com fio dental.....	52
Figura 4.5 - Transferentes unidos com resina acrílica fotopolimerizável Resinlay Pattern Foto.....	52
Figura 4.6 - Detalhe da secção da união dos transferentes em resina fotopolimerizável.....	53
Figura 4.7 - Adesivo para moldeira.....	53
Figura 4.8 - Molde em silicone de adição a base de polivinil siloxano de média viscosidade.....	54
Figura 4.9 - Análogos para implante NC Straumann aparafusados aos transferentes.....	55
Figura 4.10 - Scanner de bancada inLab inEos X5.....	56
Figura 4.11 - Scanners intra oral iTero Element, Trios 3Shape, Cerec Primescan e Virtuo Vivo, respectivamente.....	57
Figura 4.12 - <i>Scan body</i> em PEEK para implante NC Straumann.....	58
Figura 4.13 - Estratégia de escaneamento.....	58
Figura 4.14 - Scanner industrial ATOS Compact Scan 5M.....	59
Figura 4.15 - Adesivos marcadores de posição e padrão de franjas projetadas.....	60
Figura 4.16 - Determinação das distâncias A-F, A-D, C-F, C-D, A-C e D-F.....	61
Figura 4.17 - Determinação dos ângulos α e β	61
Figura 4.18 - Determinação das medidas dentro software GOM Inspect Proffisicioal 2019.....	62
Figura 4.19 - Distâncias obtidas para A-F, A-D, C-F, C-D, A-C e D-F e dos ângulos α e β dentro software GOM Inspect Proffisicioal 2019.....	63

Figura 5.1 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) da medida A – F	70
Figura 5.2 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) da medida A – D	72
Figura 5.3 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) da medida C – F	74
Figura 5.4 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) da medida C – D	76
Figura 5.5 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) da medida A – C	78
Figura 5.6 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) da medida D – F	80
Figura 5.7 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) do ângulo alfa	82
Figura 5.8 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) do ângulo beta	84
Figura 5.9 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta A.B (α). Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%.....	87
Figura 5.10 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta A – F . Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%	88
Figura 5.11 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta A – D . Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%	89

- Figura 5.12 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta |C – F|. Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%..... 90
- Figura 5.13 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta |C – D|. Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%..... 91
- Figura 5.14 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta |A – C|. Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%..... 92
- Figura 5.15 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta |D – F|. Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%..... 93
- Figura 5.16 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta (β). Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%..... 94
- Figura 5.17 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) do |Erro Angular|. Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%..... 97

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1-	Média, desvio padrão e comparação dos grupos experimentais com relação às distâncias A-F, A-D, C-F, C-D, A-C, D-F e aos ângulos α e β	67
Tabela 5.2-	Análise de equivalência para a medida A – F nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%	68
Tabela 5.3-	Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida A – F nos métodos selecionados para a fase 1	69
Tabela 5.4-	Análise de equivalência para a medida A – D nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%	71
Tabela 5.5-	Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida A – D nos métodos selecionados para a fase 1	71
Tabela 5.6-	Análise de equivalência para a medida C – F nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%	72
Tabela 5.7-	Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida C – F nos métodos selecionados para a fase 1	73
Tabela 5.8-	Análise de equivalência para a medida C – D nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%	74
Tabela 5.9-	Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida C – D nos métodos selecionados para a fase 1	75
Tabela 5.10-	Análise de equivalência para a medida A – C nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%	76
Tabela 5.11-	Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida A – C nos métodos selecionados para a fase 1	77

Tabela 5.12- Análise de equivalência para a medida D – F nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%	78
Tabela 5.13- Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida D – F nos métodos selecionados para a fase 1	79
Tabela 5.14- Análise de equivalência para a medida do ângulo alfa nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%	80
Tabela 5.15- Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida do ângulo alfa nos métodos selecionados para a fase 1	81
Tabela 5.16- Análise de equivalência para a medida do ângulo beta nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%	83
Tabela 5.17- Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida do ângulo alfa nos métodos selecionados para a fase 1	83
Tabela 5.18- Análise de variância para as comparações de médias das variações obtidas nos métodos estudados.....	85
Tabela 5.19- Parâmetros estatísticos e testes de múltipla comparação de Tukey dos valores absolutos de erro, para as variáveis de distância. Unidade experimental = mm (milímetros).....	86
Tabela 5.20- Parâmetros estatísticos e testes de múltipla comparação de Tukey dos valores absolutos de erro, para as variáveis angulares alfa.(α)e beta.(β). Unidade experimental = ° (graus).....	87
Tabela 5.21- Análise de variância de acordo com modelo apropriado para experimentos inteiramente casualizados com dois fatores e interação calculado a partir de modelo linear generalizado misto com presunção de dados oriundos de população distribuída de forma aderente à distribuição lognormal	95
Tabela 5.22- Média (desvio padrão) e teste de Tukey-Kramer para comparações múltiplas de médias (duas a duas) do erro angular. Médias com letras iguais não diferem entre si no nível de significância de 5%	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Tridimensional
A/S	Sociedade Anônima
ANOVA	Análise de Variância
BL	Bone Level
CAD	Computer Aided Design
EUA	Estados Unidos da América
g	grama
GmbH	sociedade de responsabilidade limitada
IL	Illinóis
Inc.	Incorporation
ISO	International Standard Organization
Ltda.	Limitada
mL	mililitro
mm	milímetro
Ncm	Newton por centímetro
PEEK	Polieteretercetona
STL	Standard Tessellation Language
TL	tissue level
µm	micrômetro
VAS	escala visual analógica
VIM	Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia

LISTA DE SÍMBOLOS

=	igual
<	menor
°	grau
	módulo
%	porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	29
2	REVISÃO DE LITERATURA	31
3	PROPOSIÇÃO	47
4	MATERIAL E MÉTODOS	49
4.1	Modelo mestre	49
4.2	Grupos de estudo	50
4.2.1	Moldagem convencional	50
4.2.1.1	<i>Digitalização do modelo</i>	55
4.2.2	Moldagem digital.....	56
4.3	Scanner de referência	59
4.4	Análise comparativa dos grupos	60
4.4.1	Determinação das distâncias.....	60
4.4.2	Determinação dos ângulos	61
4.4.3	Análise tridimensional	62
4.5	Análise estatística	63
4.5.1	Teste de similaridade.....	65
4.5.2	Diferença entre os erros	65
4.5.3	Efeito do ângulo (erro angular)	66
5	RESULTADOS	67
5.1	Teste de similaridade	68
5.1.1	Medida (A – F).....	68
5.1.2	Medida (A – D).....	70
5.1.3	Medida (C – F).....	72
5.1.4	Medida (C – D).....	74
5.1.5	Medida (A – C).....	76
5.1.6	Medida (D – F).....	78
5.1.7	Ângulo α	80
5.1.8	Ângulo β	82
5.2	Diferença entre os erros	85
5.3	Efeito do ângulo (Erro angular)	94

6	DISCUSSÃO	99
7	CONCLUSÕES	103
	REFERÊNCIAS.....	105
	APÊNDICES	109

1 INTRODUÇÃO

Na implantodontia, diversos fatores podem afetar a precisão das moldagens e dos modelos de trabalho incluindo posição e angulação do implante, o número de implantes e a técnica de moldagem (união ou não dos transferentes, moldeiras abertas ou fechadas).

O advento dos escâneres intra orais possibilitou a realização do escaneamento do caso diretamente na boca do paciente, o que pode suprimir, em alguns casos, a necessidade da obtenção de um modelo de gesso. O escaneamento intra oral facilitou a troca de informações, uma vez que não existe a necessidade do envio de um modelo real para a realização do trabalho protético. Outro fator interessante é a forma de armazenamento dos casos clínicos, que por se tratar de um arquivo digital, não demanda um espaço físico para guardar os modelos de trabalho, facilitando o processo.

Os scanners intra orais podem basear-se em diferentes tipos de tecnologias óticas tais como a microscopia confocal a laser, a triangulação ativa e passiva, a amostragem por frente de onda ativa, a tomografia de coerência ótica, a interferometria e princípio de mudança de fase. Todos os aparelhos atuais combinam mais de uma técnica de imagem para minimizar os erros que podem surgir devido às características próprias da boca como a diferente reflexão e translucidez dos dentes, gengivas, resinas, saliva e também os movimentos aleatórios da cabeça do aparelho. Também estão presentes nestes aparelhos diferentes tipos de fontes de luz estruturada e componentes óticos.

A odontologia digital parece ter alcançado um nível adequado para a sua utilização clínica. Para o ato da moldagem, o mapeamento digital da arquitetura intra oral promete eliminar os problemas relacionados às técnicas convencionais. Os sistemas de escâneres intra orais são indicados, geralmente, para arcos dentados ou curtos espaços edentados, mas há um interesse crescente em exceder sua aplicação à espaços maiores.

Sistemas de escaneamentos em laboratório, conhecidos como escâneres de bancada, permite aos operadores adotar um fluxo de trabalho parcialmente digital de maneira similar aos escâneres intra orais. Esses escâneres são considerados mais precisos em moldagens mais extensas, como as de arco completo, mas apresentam a desvantagem de exigir mais tempo de trabalho e de não eliminar a fase de moldagem convencional prévia.

Na implantodontia, os pilares de moldagem, os *scan body*, são utilizados para a captura da posição, trajetória e rotação dos análogos no modelo de trabalho. Esses pilares são registrados opticamente e sua informação digital é utilizada para a produção de pilares individualizados, coroas e infraestruturas de próteses fixas. Sua precisão pode ser afetada por diversos fatores como: seu desenho, material, tipo do scanner e reposicionamento.

A precisão do escaneamento intraoral pode ser afetada por múltiplos fatores como: discrepância de assentamento do *scan body* nos implantes quando comparados aos análogos, falta de pontos de referências no escaneamento de pacientes edêntulos, o formato geométrico do *scan body*, condições intra orais como saliva, abertura de boca limitada, posicionamento da câmera e a experiência do operador.

Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo comparativo da acurácia da moldagem de múltiplos implantes em maxila edêntula pela técnica convencional e digital.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção tem objetivo de ilustrar os artigos encontrados na literatura que irão basear a metodologia deste estudo e ilustram a importância de estudar mais profundamente o assunto em questão.

Por definição, de acordo com a norma (ISO 5725-1¹, 1994 apud Inmetro, 2020, p. 21) acurácia pode ser tratada como a combinação de exatidão, ou veracidade, e precisão. Segundo o Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia (VIM), exatidão se refere ao grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro de um mensurando, enquanto que a precisão se refere ao grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições específicas (Inmetro, 2012).

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 real baseado nos dados do modelo virtual, que foi obtido pelo escaneamento do caso realizado anteriormente. Existem trabalhos encontrados na literatura que fazem a comparação entre as duas técnicas de moldagens (Choi et al., 2002; Keating et al., 2008; Murugesan et al., 2012).

Yamamoto et al. (2010) avaliaram, por meio de microscopia eletrônica de varredura, a acurácia de quatro técnicas de moldagem de implantes osseointegrados. Foram avaliadas duas variáveis: a união ou a não união dos transferentes com resina acrílica e o material de moldagem (hidrocolóide irreversível-HI e polivinilsiloxano-PVS), sendo gerado quatro grupos testes (HC, HC+união, PVS e PVS+união). Para o teste de assentamento, Uma infraestrutura metálica em prata-paládio foi confeccionada sobre o modelo mestre. Imagens dos espaços frontais e laterais entre os abutments e os análogos dos implantes foram geradas pela microscopia eletrônica de varredura e então analisadas por meio de um software de análise de imagem. Como resultado, o grupo HC apresentou o maior índice de desajuste da peça.

¹ ISO 5725-1:1994/Cor.1:1998, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 1: General principles and definitions.

Independentemente do material de moldagem utilizado, a técnica da moldagem com a união dos transferentes gerou menor grau de desadaptação que a técnica de moldagem sem a união. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos HC+união, PVS e PVS+união e o modelo de referência (teste de múltipla variável, lambda de Wilks). O grupo PVS+união, por sua vez, apresentou desvio padrão três vezes menor que os outros grupos e sua média foi próxima a do modelo de referência. Neste trabalho, a técnica de moldagem com hidrocolóide irreversível foi a de menor acurácia. Os autores concluíram que a técnica de moldagem com a união dos transferentes gera modelos de trabalho mais precisos e que deve ser a técnica de eleição para casos de múltiplos implantes.

Ender e Mehl (2011) em um trabalho comparativo entre moldagem convencional e digital para maxila completa analisaram a acurácia em um modelo laboratorial. Foram confeccionados 05 modelos de gesso a partir do modelo mestre e foram realizados 05 escaneamentos de cada modelo utilizando os sistemas Cerec Bluecam e Lava COS. Esses 05 modelos também foram escaneados com um scanner laboratorial de referência (Infinite Focus Standard, Alicona Imaging, Graz, Austria). Os dados coletados foram sobrepostos em software (IFM software 3.5.0.1, Alicona Imaging) para a determinação das discrepâncias. Os autores concluíram que a precisão das moldagens digitais é similar a das moldagens convencionais, porém os resultados teriam de ser confirmados em futuros estudos clínicos.

van der Meer et al. (2012) realizaram uma pesquisa com o objetivo de comparar a acurácia de três escâneres intra orais. Foi utilizado um modelo mestre que apresentava ausência dos elementos 36, 46 e 41 onde foram posicionados os três análogos de implante. Cilindros em polieterecetonona (PEEK) de alta precisão foram aparafusados a esses análogos e dez moldagens digitais foram realizadas utilizando três diferentes sistemas: CEREC bluecam (Sirona Dental Systems) (n=10), iTero (Cadent Inc.) (n=10) e Lava COS (3M ESPE) (n=10). Os arquivos obtidos foram transformados em formato STL e depois exportados para um software de análise (Rapidform, INUS Technology Inc.) e a distância entre os centros dos cilindros e a angulação entre eles foi mensurada. Como resultados tiveram que os erros de distância foram menores e mais consistentes para o Lava COS enquanto que para o Cerec foram maiores e menos consistentes. Todas as diferenças em relação a angulação foram pequenas. Como esperado pelos autores, um aumento na distância

e/ou desvios angulares ao longo do arco devido a um acúmulo de erros do registro tridimensional das superfícies escaneadas pode ser observado, porém, seus efeitos não foram estatisticamente significantes.

Flügge et al. (2013) realizaram um estudo sobre precisão do escaneamento intra oral, em condições clínicas, comparando com o escaneamento de bancada. Um paciente foi moldado por dez vezes utilizando o escâner intra oral (iTero, Align Technologies) e foi moldado utilizando como material de moldagem o poliéter (Impregum Penta, 3M ESPE). Os modelos obtidos por meio da moldagem convencional foram escaneados dez vezes utilizando um scanner de bancada (D250, 3shape) e o scanner iTero. Os modelos virtuais foram alinhados e tiveram as suas bordas ajustadas, criando modelos com bordas semelhantes, utilizando o programa Rapid form (RapidformXOR, Inus Technologies). Foi realizado um segundo alinhamento ao longo das distâncias mais próximas. Para analisar a precisão foram examinadas as discrepâncias entre os modelos. Formaram-se três grupos sendo que o grupo 1 era composto pelas medições obtidas no escaneamento intra oral; o grupo 2 consistia nas medições obtidas pelo escaneamento do modelo com o scanner iTero e o grupo 3 consistia nas medições do modelo utilizando o scanner de bancada D250. Os resultados mostraram que os maiores desvios, ou seja, a menor precisão, ocorreu no grupo 1 com desvios médios de $50\mu\text{m}$. O grupo 2 mostrou médias de desvio de $25\mu\text{m}$ e o grupo 3 mostrou a maior precisão entre os grupos com desvios médios de $10\mu\text{m}$. O autor pode concluir que o escaneamento intra oral com o iTero apresenta menor acurácia que o realizado pelo escâner de bancada D250 e que o escaneamento intra oral com o iTero apresenta menor acurácia quando comparado ao escaneamento de modelos por este mesmo escâner, sugerindo que condições intra bucais (saliva, limitação de espaço) contribuem para esse menor resultado. Os modelos virtuais gerados pelo escâner iTero, entretanto, podem ser utilizados para a confecção de dispositivos dento-suportados e no planejamento de casos clínicos.

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. Foram realizados dez escaneamentos utilizando um scanner intra oral (Trios 3 shape) após

a instalação de pilares de escaneamento, formando o primeiro grupo teste. Para realizar as moldagens pelo método convencional foram realizados quatro tipos de moldagens; O segundo grupo teste era composto de dez modelos confeccionados a partir de moldagens com transferentes de moldagens esplintados, em nível de pilar protético; o terceiro grupo era formado por dez modelos confeccionados a partir de moldagens com transferentes de moldagens esplintados, em nível dos implantes; o quarto grupo era composto de dez modelos obtidos a partir de moldagens com transferentes de moldagens não-esplintados, em nível de pilar protético e o quinto grupo eram compostos de dez modelos obtidos a partir de moldagens com transferentes de moldagens não-esplintados, em nível de 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 dos não unidos. A angulação dos implantes não promoveu diferenças nas moldagens em relação ao modelo mestre.

Joda e Bragger (2016) em um estudo clínico randomizado cruzado, compararam moldagem tradicional e moldagem digital com resultados centrados no paciente. Neste trabalho foram realizadas tanto a moldagem tradicional quanto a digital em vinte pacientes a serem reabilitados com coroas unitárias sobre implante. A percepção e a satisfação dos pacientes relacionados à conveniência foram avaliadas com questionários da escala visual analógica (VAS). Além disso, o tempo de trabalho clínico foi registrado separadamente para os procedimentos de teste e controle. Com a escala VAS variando de 0 a 100, para os pacientes, a média marcada em relação ao nível de conveniência foi de 78,6 (± 14) em favor da moldagem digital comparada a tradicional com 53.6 (± 15.4) [$p=0,0001$]. Todos os pacientes inclusos no trabalho relataram preferir a moldagem digital caso pudesse escolher entre as duas numa futura necessidade. Em relação à velocidade, o escaneamento digital foi significativamente mais rápido 14,8 min ($\pm 2,2$) em relação a tradicional 17.9 min ($\pm 1,1$) [$p=0,0001$]. Estes autores relatam que ambas as técnicas funcionaram com sucesso, porém a técnica digital surge como a de eleição em relação a preferência dos pacientes além de apresentar uma melhor relação tempo-eficiência.

Chia et al. (2017) estudaram, *in vitro*, o efeito da angulação dos implantes comparando a precisão tridimensional de moldagens convencionais e digitais. Como segundo objetivo eles avaliaram também a influência do torque e o não torque no *scan body* em relação à sua altura. Para isso foram utilizados três modelos mestres contendo dois implantes simulando uma prótese parcial fixa sobre implantes de três elementos. Os implantes apresentavam angulações vestibulo-lingual de 0, 10 e 20 graus entre si. Para a moldagem convencional foram utilizados transferentes de moldeira aberta e poliéter. Para a moldagem digital, *scan bodies* foram aparafusados aos modelos mestres com torque de 15 Ncm e posteriormente escaneado (Trios Color, 3Shape), totalizando um número de seis grupos (n=5). Foram avaliados os desvios lineares, tridimensionais, angulares absolutos para os grupos. O desvio tridimensional para o grupo digital variou de $31 \pm 14,2$ a $45 \pm 3,4$ μm enquanto que para o grupo convencional variou de $18 \pm 8,4$ a $36 \pm 6,5$ μm . Para os desvios angulares os resultados variaram de $0,41 \pm 0,0318$ a $0,794 \pm 0,2739$ graus no eixo X para o grupo digital enquanto que no convencional $0,073 \pm 0,0618$ a $0,545 \pm 0,0615$ graus. Para o eixo Y os valores variaram $0,075 \pm 0,0165$ a $0,111 \pm 0,0639$ graus para o digital e $0,106 \pm 0,0773$ a $0,195 \pm 0,1317$ graus para o controle. A técnica de moldagem ($P=0,012$) e a angulação dos implantes. ($P=0,007$) tiveram efeito significativo no desvio tridimensional. A coincidência perfeita dos *scan bodies* não foi obtida no grupo digital. Para o deslocamento horizontal dos *scan bodies* os valores variaram de $4 \pm 1,2$ μm . Os autores encontraram desvios em ambos os grupos, porém a melhor acurácia foi encontrada no grupo convencional com implantes paralelos. Para implantes angulados, não houve diferença estatisticamente significativa. A aplicação excessiva de torque pode posicionar o implante virtual de maneira mais profunda, podendo resultar na falta de adaptação da estrutura.

Chew et al. (2017) realizaram um estudo com o objetivo de comparar a acurácia tridimensional da moldagem no nível da cabeça do implante de três escâneres intra orais e dois tipos de plataformas (*bone level*- BL e *tissue level* - TL) em relação à técnica de moldagem convencional com moldeira aberta. Foi utilizado um modelo mestre contendo dois implantes para a simulação de uma prótese fixa de três elementos implanto suportada. Para a técnica convencional foram confeccionadas moldeira individuais (n=5) com acesso para os transferentes de moldagem enquanto que para a técnica digital foram utilizados três diferentes escâneres (TRIOS Color,

3Shape; iTero, Align Technology e True Definition, 3M ESPE) (n=30). No estudo, a acurácia para moldagens ao nível do implante variou de acordo com técnica de moldagem e nível do implante. Para o grupo BL, o grupo da moldagem convencional apresentou distorção significativamente menor do que os grupos da moldagem digitais. Entre os grupos de moldagem digital, o sistema TRIOS teve distorções angulares médias e lineares comparáveis aos outros dois sistemas, mas exibiu os menores desvios padrão.

Vandeweghe et al. (2017) analisaram a acurácia de quatro escâneres intra orais em múltiplos implantes em mandíbula edêntula. Um modelo acrílico de mandíbula contendo seis implantes hexágono externo e seus *scan bodies* (PEEK) foram escaneados pelos quatro diferentes modelos de scanners (Lava C.O.S., 3M True Definition, Carec Omnicam e 3Shape Trios). Para cada sistema, o modelo foi escaneado dez vezes. Como referência, foi utilizado um scanner de bancada de alta precisão (104i, Imetric, Courgenay, Switzerland). Os arquivos foram exportados para um software (Geomagic Qualify 12) para análise. A acurácia foi analisada em termos de *trueness* (veracidade) e *precision* (precisão). A média de veracidade foi 0,112 mm para o Lava COS, 0,035 mm 3M True Definition, 0,028 mm TRIOS e 0,061 mm Cerec Omnicam. Não houve diferença estatisticamente significativa entre o 3M True Definiton e TRIOS ($p=0,262$). O Cerec Omnicam foi menos acurado que o 3M True Definiton ($p=0,013$) e TRIOS ($p=0,005$), mas mais acurado que o Lava COS ($p=0,007$). O Lava COS também foi o menos acurado quando comparado ao 3M True Definition ($p=0,005$) e ao TRIOS ($p=0,005$). A precisão média foi de 0,066 mm para Lava COS, 0,030 mm para 3M True Definition, 0,033 mm para TRIOS e 0,059 Cerec Omnicam. Não houve diferença estatisticamente significativa entre o 3m True Definition e TRIOS ($p=0,119$). Cerec Omnicam foi menos preciso comparado ao 3M True Definition ($p<0,001$) e o TRIOS ($p<0,001$), mas não foi encontrado diferenças entre o Lava COS ($p=0,169$). Lava COS foi também o menos preciso que o 3M True Definiton ($p<0,001$) e o TRIOS ($p<0,001$). Os autores puderam concluir que os scanners 3M True Definition e o TRIOS demonstraram maior acurácia e que o Lava COS não é indicado para o uso em implantodontia em moldagens de arco completo em mandíbulas edêntulas.

Amin et al. (2017), em um estudo *in vitro*, testaram se a moldagem digital teria a mesma acurácia das convencionais. Eles tinham como hipótese que a moldagem com moldeira aberta seria mais acurada que as moldagens digitais para arcos completos. Neste trabalho, foi confeccionado um modelo mestre contendo 5 análogos de implantes de conexão interna (Straumann Bone Level RC, Basel Switzerland) onde os três análogos médios estavam paralelos entre si, o distal do lado esquerdo possuía uma angulação de 10° e o do lado direito 15°. Para a moldagem tradicional (g1) foram realizadas dez moldagens pela técnica da moldeira aberta e união dos transferentes e poliéter (Impregum, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Para a técnica digital foram realizadas também dez moldagens utilizados dois diferentes escâneres (CEREC Omnicam e 3M True Definition) conectando aos análogos *scan bodies* em polímero (PEEK). O modelo mestre e os modelos obtidos pela técnica tradicional foram digitalizados por um escâner de referência de alta resolução (Activity 880, Smart Optics, Bochum, Alemanha). Os arquivos STL obtidos foram sobrepostos para a medição dos desvios tridimensionais. Para a moldagem tradicional foi obtido uma média de 167,93 μm ($\pm 50,37$), para Omnicam 46,41 μm ($\pm 7,34$) e para o True Definition 19,32 μm ($\pm 2,77$). O teste F de Welch mostrou diferença significativa entre os grupos ($p < 0,001$). O Teste de Games-Howell mostrou desvios tridimensionais estatisticamente significantes para os três grupos ($p < 0,001$). Os autores concluíram que a moldagem digital para arcos completos utilizando os escâneres True Definition e Omnicam foi significativamente mais acurada que a técnica tradicional da moldeira aberta. Adicionalmente, as moldagens com o True Definition apresentaram significativamente menos desvios tridimensionais comparado à Omnicam.

Menini et al. (2018) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a acurácia de diferentes técnicas de moldagem em múltiplos implantes. Foram avaliadas oito técnicas sobre o modelo mestre de mandíbula edêntula com quatro implantes: 1- moldeira aberta e poliéter1, 2- moldeira aberta, esplintagem dos transferentes com resina acrílica e poliéter1, 3- moldeira fechada e poliéter1, 4- moldeira aberta e poliéter2, 5- moldeira aberta, esplintagem e poliéter2, 6- moldeira fechada e poliéter2, 7- moldeira aberta e gesso e 8- moldagem digital. Foram realizadas 5 moldagens do modelo mestre para cada técnica tradicional (MT), totalizando 35 modelos. Foi utilizado um dispositivo de medição tridimensional (DMT) para a análise da angulação e distância dos implantes nos modelos da técnica tradicional. Esses arquivos e os

arquivos em STL oriundos das moldagens digitais (MD) foram comparados ao modelo mestre. Os melhores e os piores resultados foram selecionados para a confecção de quatro estruturas fresadas em titânio. O assentamento passivo foi avaliado por meio do teste de Sheffield, parafusando cada estrutura no modelo mestre. Fendas entre a estrutura e os análogos foram mensuradas por meio de estereomicroscopia (40x magnificação). Diferenças estatisticamente significante em acurácia foram encontradas comparando as diferentes técnicas de moldagem pelo DMT ($p < 0,01$). A moldagem digital apresentou os melhores resultados enquanto as técnicas de moldagem tradicionais mostraram grande variabilidade. O teste de Sheffield revelou uma fenda média de $0,022 \pm 0,023$ mm (melhor MT), $0,063 \pm 0,059$ mm (pior MT), $0,015 \pm 0,011$ mm (melhor MD), $0,019 \pm 0,015$ mm (pior MD). Os autores concluíram que a moldagem digital mostrou melhor acurácia quando comparadas às técnicas tradicionais e que as moldagens digitais pode ser uma alternativa viável às técnicas tradicionais na confecção próteses fixas de arco completo com assentamento passivo satisfatório.

Alikhasi et al. (2018) realizaram um estudo *in vitro* com o objetivo de comparar a acurácia de diferentes técnicas de moldagem em maxila edêntula para implantes angulados e com dois tipos de conexões internas. Foram utilizados dois modelos mestres, um contendo implantes de conexão interna e outro externa. Os modelos apresentavam quatro implantes no total, dois anteriores paralelos e dois distais angulados. Foram realizadas noventa moldagens utilizando um escâner intra oral (Trios 3Shape) e moldeira individual fechada com silicone de adição como método de moldagem convencional. Os dados coletados foram sobrepostos para a avaliação de discrepâncias. Os autores puderam concluir que a técnica de moldagem (digital x convencional) afeta a acurácia da transferência dos implantes, dado que a técnica digital apresentou melhores resultados e que o tipo de conexão e angulação dos implantes desempenham papel importante na acurácia.

Abduo e Elseyoufi (2018) realizaram uma revisão sistemática como o objetivo de avaliar a acurácia dos sistemas de escâneres intra orais disponíveis. Após os critérios de inclusão, foram selecionados no total 32 artigos para análise. Os sistemas incluídos foram: Cerec Bluecam, Cerec Omnicam, Cadent iTero, Lava C.O.S., Lava True Definition, TRIOS, TRIOS Color, E4D, Planscan, MHT, Carestream 3500 e Zfx IntraScan. Os autores concluíram que, em comparação às moldagens convencionais,

os escâneres intra orais podem ser utilizados de forma confiável para diagnóstico e escaneamentos de espaços curtos. Porém para escaneamentos de arcos completos, estes estão mais sujeitos a distorções. Os estudos analisados indicaram diferentes resultados para os diferentes sistemas. Apesar da precisão dos escâneres intra orais estarem em evolução e serem comparáveis às técnicas convencionais, ela ainda está sujeita a imprecisões. Para a confecção de próteses, essa acurácia pode ser melhorada reduzindo a extensão da área escaneada e que as estruturas exibam algum grau de irregularidades.

Ahlhol et al. (2018) conduziram uma outra revisão sistemática com o objetivo de avaliar a evidência de possíveis benefícios e acurácia das técnicas de moldagem digital versus técnicas de moldagens convencionais. Foram avaliadas as moldagens digitais versus convencional para a confecção de coroas e próteses parciais fixas implantossuportada, moldagem digital versus convencional para próteses totais fixas e eficiência de tempo e percepção do operador. Após análise criteriosa dos 19 artigos selecionados, os autores concluíram que, aparentemente, a acurácia das moldagens digitais se encontra no mesmo nível das moldagens convencionais para a confecção de coroas e próteses parciais fixas curtas e que ambas as técnicas podem ser utilizadas. Para a confecção de coroas e próteses parciais fixas implantossuportadas também resultam em níveis de adaptação marginal clinicamente aceitáveis. Porém, para casos de próteses totais fixas, o método convencional resulta numa maior acurácia quando comparadas às moldagens digitais, razão pela qual esta deve ser preferida. Quando utilizado com a correta indicação, a moldagem digital parece ser o método preferido em relação ao método convencional, no que diz respeito à eficiência de tempo e preferência do paciente. Os alunos de odontologia também demonstraram preferência por essa técnica, o que significa que seu uso provavelmente continuará crescendo. Por fim, citam, entretanto, que devido ao número baixo de artigos, estudos adicionais são necessários para a confirmação desses achados.

Di Fiore et al. (2019) realizaram um estudo comparativo com oito escâneres intra orais onde foi analisado a performance do escaneamento digital para arcos completos. Para este trabalho, um modelo de mandíbula edêntula com seis pilares de escaneamento foi confeccionado. Oito escâneres intra orais (True Definition, Trios, Cerec Omnicam, 3D progress, CS3500, CS3600, Planmeca Emelard e Dental Wings)

foram utilizados para a obtenção dos modelos digitais. Foram realizadas quinze (n=15) escaneamentos para cada dispositivo (n=120). Para a análise do posicionamento tridimensional e comparação das moldagens digitais foi desenvolvido um *software* intitulado “Scan-abut”. Como resultados obtidos, o valor médio da análise do posicionamento tridimensional demonstrou que o escâner True Definition ($31\mu\text{m} \pm 8\mu\text{m}$) e o Trios ($32\mu\text{m} \pm 5\mu\text{m}$) obtiveram a melhor performance. O Cerec Omnicam ($71\mu\text{m} \pm 55\mu\text{m}$), CS3600 ($61\mu\text{m} \pm 14\mu\text{m}$) obtiveram performance média. O CS3500 ($107\mu\text{m} \pm 28\mu\text{m}$) e Planmeca Emelard ($101\mu\text{m} \pm 38\mu\text{m}$) apresentaram performance média-baixa, enquanto o 3D Progress ($344\mu\text{m} \pm 121\mu\text{m}$) e Dental Wings ($148\mu\text{m} \pm 64\mu\text{m}$) apresentaram baixa performance. A análise da distância tridimensional apresentou somente um bom relacionamento linear entre os erros e a distância do pilar de escaneamento para o True Definiton e o CS3600. Os autores puderam concluir que nem todos os escâneres intra orais devem ser utilizados para moldagens em próteses fixas implanto-suportadas em arcos completos, porém novas pesquisas *in vivo* investigando esse tópico são necessárias.

Mizumoto et al. (2019) realizaram uma pesquisa com o intuito de avaliar o efeito do escaneamento do palato e do posicionamento do *scan body* na acurácia de escaneamento de implantes para arco completo. Foi utilizado um modelo mestre de maxila totalmente edêntula com a presença de 04 análogos de implantes na região de primeiros molares e caninos, posicionados a uma profundidade de 03mm da superfície e de forma paralela. Este modelo mestre foi então depois digitalizado por meio de um escâner industrial de alta precisão (COMET L3D, Carl Zeiss Optotechnik GmbH, Neubeuern, Alemanha). Como escâner intra oral foi utilizado o Trios (3Shape, Copenhagen, Alemanha) utilizando a seguinte estratégia de escaneamento: superfície oclusal, superfície vestibular e depois palatina. Os resultados foram divididos em dois grupos: com escaneamento da região palatina e sem escaneamento da região palatina. As posições dos implantes foram avaliadas para determinar a exatidão do posicionamento tridimensional. Foram mensurados os desvios lineares e angulares para cada implante. Como resultado, para a veracidade, o posicionamento do *scan body* teve uma influência significativa no posicionamento ($P < .001$) e na angulação ($P < .001$). Em termos de precisão, não foi encontrado diferença estatisticamente significativa para o desvio linear ($P = .051$) e na angulação ($P = .36$) entre as moldagens com ou sem a região palatina. Os autores puderam chegar a três

conclusões: 1- que a acurácia (veracidade e precisão) de escaneamento digitais em maxila edêntulas com quatro implantes foi similar para escaneamentos com e sem a porção palatina; 2- apesar da precisão dos escaneamentos apresentarem uma tendência de diferença no desvio linear, no geral, a precisão foi similar entre os dois grupos; 3- o posicionamento do implante teve efeito significativo na veracidade (desvio linear e angular). O Implante na região de primeiro molar (P4 – primeiro *scan body* escaneado da técnica) apresentou maiores desvios lineares e angulares em relação aos outros implantes.

Tan et al. (2019) compararam a acurácia tridimensional de moldagens digitais e convencionais em implantes levando-se em consideração a distância entre implantes em arcos edêntulos. Foram estudados seis sistemas de moldagem compreendendo um material de moldagem convencional (Impregum), dois escâneres intra orais (Trios e True Definition) e três escâneres de laboratório (Ceramill Mp400, InEos X5 e D900) em dois modelos mestre de maxila edêntula (seis e oito implantes). Foram comparados os posicionamentos dos implantes no modelo mestre e teste ($n=5$), definidos como distorção linear (d_x , d_y , d_z), distorção linear global (d_R) e a distorção da distancia de referência tridimensional (ΔR). No trabalho, a média de no d_R modelo A variou de $8,7 \pm 8,3\mu\text{m}$ a $731,7 \pm 62,3\mu\text{m}$. A média de no d_R modelo B variou de $16,3 \pm 9\mu\text{m}$ a $620,2 \pm 63,2\mu\text{m}$. A média $\text{Absd}\theta_x$ no modelo A variou de $0,021 \pm 0,205$ graus a $-2,349 \pm 0,166$ graus e a média $\text{Absd}\theta_y$ variou de $-0,018 \pm 0,048$ graus a $-1,052 \pm 0,297$ graus. O teste ANOVA para os sistemas de moldagens revelou diferenças significantes entre os grupos testados para d_R e ΔR para ambos modelos (A e B), com o True Definiton apresentando a pior acurácia. O Teste t para amostras independentes para o d_R , entre dos pares de posicionamento de implantes homólogos nos modelos A x B revelou a presença de dois a quatro pares significativos (de sete possíveis), para o sistema de escâner intra oral, em que casos de d_R foi maior no modelo A por 110 a $150\mu\text{m}$. Os autores concluíram que o Impregum consistentemente apresentou o menor ou o segundo menor d_R no posicionamento dos implantes. True definition apresentou a pior acurácia para todas as distorções lineares (d_x , d_y , d_z e d_R) e para os parâmetros de distorção da distancia de referência tridimensional (ΔR) em ambos modelos A e B ($\text{Absd}\theta_x$ e $\text{Absd}\theta_y$). Excluindo-se o True difinition, não houve diferença significante nos demais cinco sistemas de moldagem para os parâmetros de distorção linear (d_x , d_y , d_z e d_R) em ambos modelos A e B. Os seis sistemas de

moldagem não puderam ser classificados de maneira consistente para as distorções angulares. A redução da distância entre implantes pode diminuir as distorções lineares globais (d_r) para sistemas de escâneres intra orais, mas não apresenta efeito no Impregum e nos sistemas de escaneamento laboratoriais.

Miyoshi et al. (2020) realizaram um estudo *in vitro* sobre os efeitos de diferentes tipos de escâneres intra orais e as distâncias de escaneamento em moldagem digital de implantes em máxima edêntula. Neste trabalho, um modelo de maxila edêntula com seis implantes foi escaneado com quatro escâneres intra orais e um escâner laboratorial de bancada, por 5 vezes cada. Nove pontos de interesses foram definidos e a média das discrepâncias dos pontos de medição foram calculados. Os efeitos do método de escaneamento (recomendado pelos próprios fabricantes) e pontos de interesses e suas interações foram estatisticamente significante. As discrepâncias dos dados obtidos com o escâner laboratorial de bancada foram significativamente menores em relação aos dados dos escâneres intra orais quando o alcance pontos de interesses foi reduzido; para os escâneres intra orais as discrepâncias pioraram quando os pontos de interesses se distanciavam enquanto que para o escâner laboratorial de bancada permaneceu mais estável. Com isso puderam concluir que a precisão das moldagens digitais piora com a expansão da área escaneadas, portanto, a moldagem digital para implantes, por enquanto, deve ser limitada a próteses pequenas, como as de superestrutura de três elementos suportadas por dois implantes.

Mizumoto et al. (2020) realizaram um estudo *in vitro* onde compararam quatro diferentes técnicas de escaneamento (escaneamento digital intra oral convencional, escaneamento com a união dos *scan bodies* com fio dental, escaneamento com marcadores fiducitários em vidro e escaneamento com pasta indicadora de pressão) para quatro diferentes *scan bodies* (AF – IO-Flo; Dentisply Sirona), NT (Nt-Trading GmbH and Co. KG), DE (DESS-USA), C3D (Core3Dcentres) e ZI (Zimmer Biomet Dental). *Scan bodies* foram aparafusados a uma maxila edêntula com quatro análogos de implantes e escaneados com escâner industrial de luz azul estruturada para obtenção do modelo mestre digital. Posteriormente foram realizados cinco escaneamentos, para cada técnica, com um escâner intra oral (Trios, 3Shape). Os escaneamentos foram sobrepostos ao modelo mestre e os desvios lineares e angulação dos *scan bodies* foram calculados. O tempo de escaneamento também foi

registrado. A ANOVA de dois fatores foi utilizado para examinar o efeito do *scan body* e da técnica na exatidão e tempo de escaneamento. A precisão foi avaliada por meio de testes de homogeneidade das variâncias entre grupos. Em termos de veracidade, nenhuma interação estatisticamente significativa foi encontrada entre os efeitos dos *scan body* e técnica no desvio linear ($P=.246$), porém, ambos, *scan body* ($P=.031$) e técnica ($P<0.001$) apresentaram significante efeito quando comparados independentemente. Uma interação estatisticamente significativa foi encontrada entre o efeito do *scan body* e da técnica no desvio angular ($P<0.001$). Testar para homogeneidade de variâncias demonstrou diferenças significativas na precisão entre os grupos em termos de desvios lineares ($P\leq .013$) e desvio angular ($P\leq .003$). Nenhuma interação estatisticamente significativa foi encontrada entre os efeitos dos *scan body* e técnica ($P= .076$) no tempo de escaneamento, porém, o *scan body* sozinho mostrou ter efeito significativo ($P<0.001$). Os autores concluíram que: 1- a acurácia (veracidade e precisão) de escaneamentos digitais de implantes em arcos completos foi afetado por ambos *scan body* e técnica de escaneamento quando utilizado um sistema de escaneamento intra oral específico; 2- o *scan body* ZI apresentou um significante menor desvio linear, enquanto a união dos *scan bodies* com fio dental levou a um significante maior desvio linear; 3- a técnica de escaneamento com diferentes modificadores de superfície apresentou desvios lineares similares aos encontrados na técnica sem modificações e 4- o uso de diferentes *scan bodies* levou a diferenças significativas no tempo de escaneamento.

Sawase e Kuroshima (2020) realizaram uma revisão de literatura sobre a relevância clínica atual dos escâneres intra orais na implantodontia. Nesta revisão foram avaliados tanto os efeitos do uso de escâneres intra orais na acurácia e tempo de operação, como a segurança e a percepção do paciente. Após a análise dos artigos selecionados para o estudo, os autores puderam chegar a algumas conclusões: 1- a acurácia das moldagens digitais com escâneres intra orais é dependente do dispositivo de escaneamento e do seu *software* e os resultados são comparáveis aos encontrados na moldagem tradicional para próteses unitárias e parciais; 2- os *scan bodies* são os elementos típicos na composição e apresenta papel importante nas moldagens digitais para implantes, porém eles ainda não são bem entendidos; 3- as moldagens digitais com escâneres intra orais apresentam um ganho de tempo quando comparados a moldagens convencionais para pilares unitários e duplos. Os *scan*

bodies são os dispositivos de transferência do posicionamento do implante com variabilidade consideráveis no seu desenho e características; 4- o resultado da satisfação e a preferência do paciente pela moldagem digital é geralmente superior a da técnica convencional; 5- o uso do escâneres intra orais é aparentemente promissor, porém mais estudos para investigar a eficácia das moldagens digitais intra orais de implantes são necessários.

Bilmenoglu et al. (2020) realizaram uma pesquisa *in vitro* com o objetivo de avaliar a veracidade de 10 diferentes escâneres intra orais. Para tal, foi utilizado um modelo mestre contendo seis análogos. Foram realizados dez escaneamentos para cada dispositivo (3D Progress, Omnicam, Bluecam, Apollo DI, Planscan, E4D Tech, TRIOS MonoColor Cart, TRIOS Color Cart, TRIOS Color Pod e Lythos). Os dados obtidos foram convertidos em arquivo STL. Para o grupo controle, o modelo mestre foi escaneado com um escâner industrial de alta precisão (ATOS Core 80). Para veracidade, os dados foram analisados em um software de comparação tridimensional. Quando ranqueados de acordo com os valores da sobreposição, o escâneres Color POD, Omnicam, Apollo DI, Color Cart, MonoColor Cart e Bluecam apresentaram resultados entre 31 a 45 μ m. Na sequência, os escaneres E4D, 3D Progress, Lythos e Planscan apresentaram resultados que variavam entre 82 a 344 μ m de acordo com os mesmos critérios. Os autores puderam concluir que os escâneres TRIOS, Omnicam, Apollo DI e Bluecam são apropriados para casos de próteses totais fixas, que a perda de dados por artefatos, reflexos e impossibilidade de sobrepor os dados devem ser levados em consideração e que mesmo quando *scan bodies* são utilizados, reflexos do pescoço do implante podem afetar a acurácia do escaneamento.

Chochlidakis et al. (2020) realizaram um estudo clínico prospectivo com o objetivo de comparar a acurácia das moldagens digitais e convencionais de implantes em maxila de pacientes edêntulos. Dezesesseis pacientes previamente reabilitados por próteses totais fixas foram incluídos no estudo. Os modelos finais utilizados previamente foram digitalizados através de um escâner de bancada (Dental Wings Inc., Montreal, Canadá) e foram realizadas moldagens digitais intra orais (True Definition, 3M, St Paul, MN). Os arquivos STL gerados foram então sobrepostos em um software de engenharia reversa (Geomagic). Foram analisadas duas variáveis, a acurácia entre as moldagens e o efeito do número de implantes. Os desvios

tridimensionais entre o modelo virtual obtido por meio do escaneamento digital e do modelo digitalizado foi de $162 \pm 77\mu\text{m}$. No grupo onde os modelos apresentavam quatro, cinco e seis implantes os desvios foram de $139 \pm 56\mu\text{m}$, $146 \pm 90\mu\text{m}$ e $185 \pm 81\mu\text{m}$ respectivamente. Houve, então, uma correlação positiva entre o aumento do número de implantes e os desvios tridimensionais, mas não houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,191$). Com isso os autores concluíram que a acurácia tridimensional de moldagens digitais para implantes em arco completo está dentro dos limites clinicamente aceitáveis e que o fluxo digital para confecção de próteses totais fixas pode ser clinicamente viável.

Wulfman et al. (2020) realizaram uma revisão sistemática com o objetivo de avaliar a acurácia do escaneamento digital para restaurações suportadas por implantes em arcada completa. A revisão abrangeu artigos publicados entre 2008 e 2019. Dos 208 artigos recuperados, 20 foram selecionados para revisão. Destes, 5 artigos relataram o uso da moldagem digital em situações clínicas e de desfechos a curto prazo, 15 artigos *in vitro* também foram incluídos para informações adicionais, incluindo a acurácia das medições. Os escâneres intra orais, em sua maioria, forneceram uma acurácia abaixo do limite aceitável de $150\mu\text{m}$. Quando comparada diretamente, a técnica da moldagem digital foi pelo menos equivalente às técnicas de moldagem convencionais. Para os autores, os escâneres intra orais apresentam, *in vitro*, níveis de acurácia aceitáveis. Os principais parâmetros identificados na influência da acurácia foram a distância entre implantes, o desenho do *scan body*, a estratégia de escaneamento e o nível de experiência do operador. A evidência clínica, por sua vez, ainda é limitada pela falta de um método definitivo de avaliação do ajuste da sobre estrutura.

3 PROPOSIÇÃO

Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo comparativo da acurácia da moldagem de múltiplos implantes em maxila edêntula pela técnica digital e convencional. Foi analisado então: 1- a técnica que apresenta a maior acurácia, 2 – qual escâner apresenta os melhores resultados e 3 – qual a influência da inclinação dos implantes na precisão dos modelos obtidos.

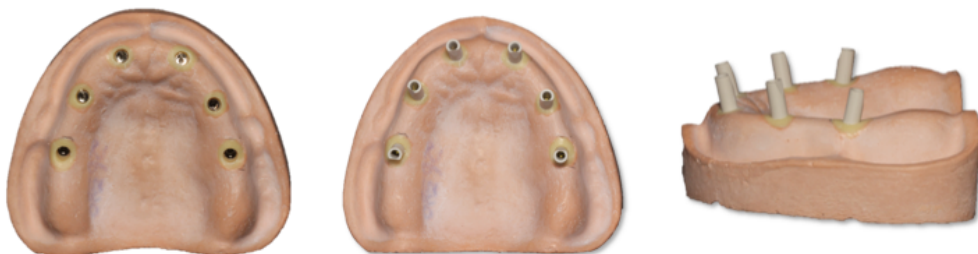
4 MATERIAL E MÉTODOS

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

4.1 Modelo mestre

Foi utilizado neste trabalho um modelo mestre de maxila edêntula em gesso especial tipo IV (Fujirock, GC América, EUA) contendo seis análogos de implantes de conexão interna (análogos de implante Bone Level, narrow crossfit, Straumann, Suíça) na região dos elementos 16(F), 14(E), 12(D), 22(C), 24(B) e 26(A), reproduzindo uma situação clínica convencional, com os quatro análogos médios (B, C, D e F) paralelos entre si, o análogo distal direito (F) com angulação de 20° e o do lado esquerdo 15° (A) (Figura 4.1). Foram realizadas neste modelo três marcas de referência para a padronização do posicionamento da moldeira individual para a moldagem convencional (Papaspnyridakos et al., 2016).

Figura 4.1 - Modelo mestre



Fonte: O autor.

4.2 Grupos de estudo

A fase experimental deste trabalho analisou dois tipos de moldagens: convencional e digital. Foram formados, ao total, cinco grupos experimentais com dez modelos cada ($n=10$) somando o número de cinquenta modelos. São eles:

- 1- Grupo experimental 1 (G1): modelos obtidos pela moldagem de moldeira aberta;
- 2- Grupo experimental 2 (G2): modelos digitais obtidos pelo escaneamento utilizando o escâner iTero Element;
- 3- Grupo experimental 3 (G3): modelos digitais obtidos pelo escaneamento utilizando o escâner Trios;
- 4- Grupo experimental 4 (G4): modelos digitais obtidos pelo escaneamento utilizando o escâner Primescan;
- 5- Grupo experimental 5 (G5): modelos digitais obtidos pelo escaneamento utilizando o escâner Virtuo Vivo.

4.2.1 Moldagem convencional

Após o escaneamento do modelo mestre por um escâner laboratorial de bancada (inEos X5, Sirona Dental Systems GmbH, Alemanha), uma moldeira individual foi desenhada em um software CAD (inLab 19, Sirona Dental Systems GmbH, Alemanha) e depois impressa em uma impressora 3D (FlashForger Hunter, dOne 3D, Brasil) em resina acrílica (PriZma 3D Bio Splint, MakertechLabs, Brasil) para a técnica da moldeira aberta (Figura 4.2). Esta foi projetada com um alívio uniforme de um milímetro com o intuito de obter uma espessura uniforme de material de moldagem.

Figura 4.2 - Moldeira individual aberta



Fonte: O autor.

Seis transferentes de moldagem no nível do implante para moldeira aberta (Figura 4.3) foram conectados aos análogos do modelo mestre, aparafusados com 15N, conectados por meio de fio dental, em duas alturas diferentes (Figura 4.4), e unidos com resina acrílica foto polimerizável (Resinlay Pattern Photo, TDV Dental Ltda. Santa Catarina, Brasil) (Figura 4.5).

Figura 4.3 - Transferente de moldagem para moldeira aberta



Fonte: O autor.

Figura 4.4 - Transferente unidos com fio dental



Fonte: O autor.

Figura 4.5 - Transferentes unidos com resina acrílica fotopolimerizável Resinlay Pattern Foto



Fonte: O autor.

Com objetivo de eliminar tendência de contração de polimerização da resina, esta foi seccionada (Figura 4.6) com um disco dentado e depois unida novamente com uma pequena porção do material e posteriormente fotopolimerizada (Valo, Ultradent Products Inc., Estados Unidos da América) por vinte segundos em cada face livre.

Figura 4.6 - Detalhe da secção da união dos transferentes em resina fotopolimerizável



Fonte: O autor.

Após a utilização de adesivo universal de moldeira para silicone de adição (Kulzer GmbH, Hanau, Alemanha) (Figura 4.7), as moldagens foram realizadas em única camada utilizando silicone de adição a base de polivinil siloxano de média viscosidade (Variotime, Kulzer GmbH, Hanau, Alemanha) (Figura 4.8).

Figura 4.7 - Adesivo para moldeira



Fonte: www.kulzer.com.br.

Figura 4.8 - Molde em silicone de adição a base de polivinil siloxano de média viscosidade



Fonte: O autor.

Os análogos dos implantes (Figura 4.9) foram então aparafusados aos transferentes com um torque de 10 N e novos modelos em gesso especial tipo IV com baixo grau de expansão (Fujirock, GC America Inc., Alsip IL, EUA) foram confeccionados. A proporção de água/pó deste gesso é de 100g de gesso para 20 mL de água, segundo indicações do fabricante. Esse processo será repetido dez vezes obtendo assim dez novos modelos (n=10).

Figura 4.9 - Análogos para implante NC Straumann aparafusados aos transferentes



Fonte: O autor.

4.2.1.1 *Digitalização do modelo*

Os modelos obtidos por meio da moldagem convencional foram digitalizados utilizando um scanner laboratorial de bancada (inEos X5, Sirona Dental Systems GmbH, Alemanha) utilizando os mesmos *scan bodies* para os dispositivos intraorais. Os arquivos exportados em formato STL para a posterior comparação tridimensional entre os grupos (Figura 4.10).

Figura 4.10 - Scanner de bancada inLab inEos X5



Fonte: www.dentisplysirona.com.

4.2.2 Moldagem digital

Nesta fase foram realizadas as moldagens digitais utilizados quatro diferentes modelos escâneres intra orais: dois escâneres que utilizam a tecnologia de microscopia de varredura a laser confocal paralela: iTero Element (Align Technology; Estados Unidos da América) e Trios (3Shape A/S; Dinamarca), um com a técnica de triangulação ativa: CEREC Primescan (Sirona; Alemanha) e (Virtuo Vivo, Straumann, Suíça) (Figura 4.11).

Figura 4.11 - Scanners intra oral iTero Element, Trios 3Shape, Cerec Primescan e Virtuo Vivo, respectivamente



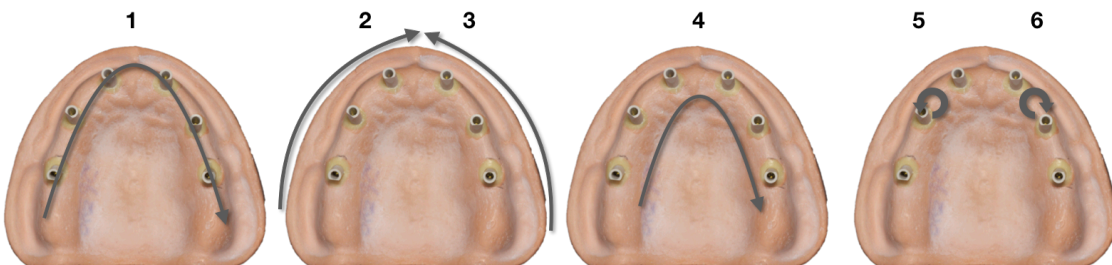
Fonte: O autor.

Scan bodies em polieterecetonona (PEEK) (Figura 4.12) para os implantes em questão foram conectados aos análogos e apertados com um torque de 10Ncm. Foram realizados dez escaneamentos do modelo mestre para cada dispositivo intra oral. Para tal, foi utilizada como estratégia de escaneamento a seguinte sequência: 1- escaneamento da superfície oclusal do quadrante 1 para o quadrante 2; 2- superfície vestibular do quadrante 1 até a linha mediana; 3- superfície vestibular do quadrante 2 até a linha mediana; 4- superfície palatina do quadrante 1 para o quadrante 2 e 5- de palatina para vestibular do análogos em região de caninos com uma angulação de 45° (Figura 4.13). Por fim os arquivos obtidos pelos escaneamentos foram exportados em formato STL (*standard tessellation language*) para a comparação tridimensional. Com o intuito que não gerar possíveis discrepâncias, os *scan bodies* depois de aparafusados nos análogos não foram mais removidos até o último escaneamento do último grupo.

Figura 4.12 - *Scan body* em PEEK para implante NC Straumann

Fonte: O autor.

Figura 4.13 – Estratégia de escaneamento



Fonte: O autor.

4.3 Scanner de referência

O modelo mestre foi digitalizado por meio de uma máquina de medição ótica por coordenadas 3D, um escâner industrial de alta precisão (ATOS Core 80, GOM GmbH, Braunschweig, Alemanha) (Figura 4.14).

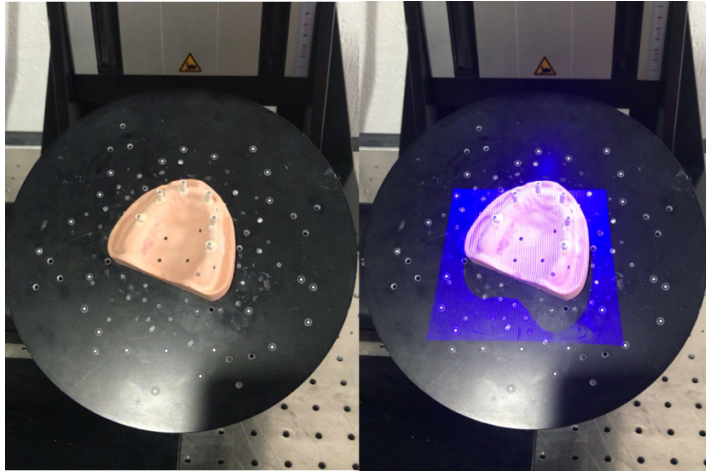
Figura 4.14 - Scanner industrial ATOS Core 80



Fonte: www.gom.com.

Para a captação das imagens do modelo mestre, foram colados pequenos marcadores de posição de 0,8mm (GOM GmbH Braunschweig, Alemanha) distribuídos por toda superfície do modelo a ser escaneada (Figura 4.15).

Figura 4.15 – Adesivos marcadores de posição e padrão de franjas projetadas



Fonte: O autor.

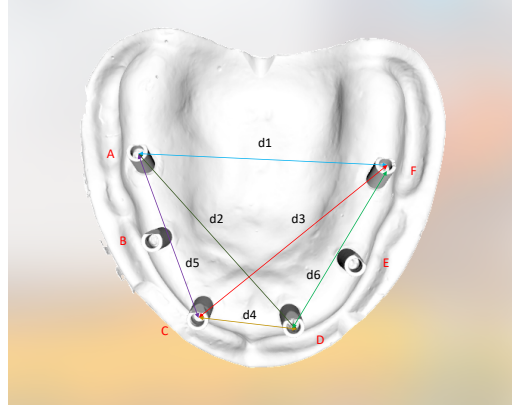
4.4 Análise comparativa dos grupos

Este estudo realizou medições comparativas das distâncias obtidas dos modelos digitais dos cinco grupos experimentais (Convencional, Primescan, Trios, Virtu e iTero) e as obtidas no modelo mestre (ATOS). As distâncias foram determinadas da forma a seguir:

4.4.1 Determinação das distâncias

Nesta fase foram determinadas as distâncias a serem estudadas. Foram definidas distâncias entre os *scan bodies* representativos dos elementos A, B, C, D, E e F, resultando, assim, nas distâncias A-F, A-D, C-F, C-D, A-C e D-F (Figura 4.16).

Figura 4.16 - Determinação das distâncias A-F, A-D, C-F, C-D, A-C e D-F

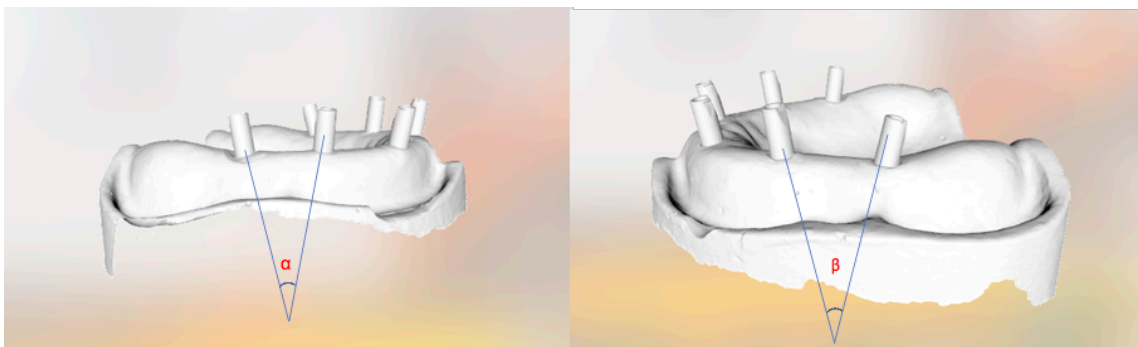


Fonte: O autor.

4.4.2 Determinação dos ângulos

Para esta fase foram definidos os ângulos a serem estudados. Estes seriam os formados entre os *scan bodies* representativos dos elementos A-B (α) e E-F (β) (Figura 4.17).

Figura 4.17 - Determinação dos ângulos α e β



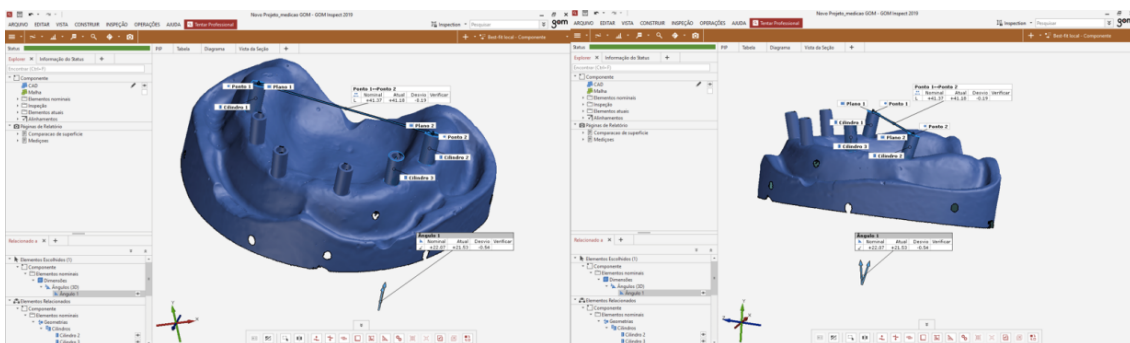
Fonte: O autor.

4.4.3 Análise tridimensional

A análise tridimensional dos arquivos foi realizada por meio da sobreposição de imagem dos modelos gerados pelo grupo teste sobre o modelo padrão, onde foi utilizado um *software* de inspeção (GOM Inspect Professional 2019, GOM GmbH, Braunschweig, Alemanha). O GOM Inspect é um *software* livre de processamento de malhas e inspeção 3D para análise dimensional de nuvens de pontos 3D e um visualizador para o conjunto de dados de uma série de aplicativos.

O arquivo STL gerado do modelo mestre foi utilizado como referência para a comparação dos modelos testes. As informações do posicionamento tridimensional dos análogos dos implantes fornecidas foram analisadas em relação a dois parâmetros: distância (em milímetros), medida a partir do centro de cada *scan body* e em angulação (graus) dos análogos mais distais (A e F) em relação ao eixo dos análogos mais próximos (B e E) (Figura 4.18).

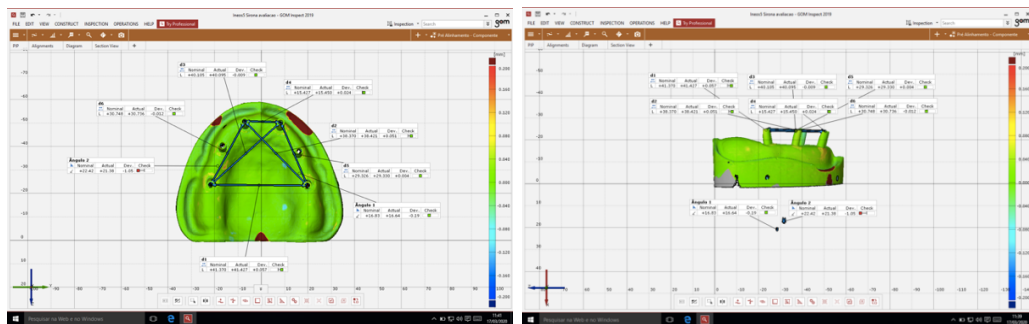
Figura 4.18 - Determinação das medidas dentro software GOM Inspect Proffissional 2019



Fonte: O autor.

O GOM Inspect executa a sobreposição das malhas das duas imagens dos modelos analisados por semelhança de dimensões (*best-fit*) e gera automaticamente uma imagem que apresenta um gradiente de cores e uma tabela que indica os valores das distâncias encontradas em cada sobreposição de cada medida proposta (Figura 4.19).

Figura 4.19 - Distâncias obtidas para A-F, A-D, C-F, C-D, A-C e D-F e dos ângulos α e β dentro software GOM Inspect Professional 2019



Fonte: O autor.

4.5 Análise estatística

De maneira preliminar à realização da estatística inferencial, foram realizados testes das premissas de normalidade dos dados que estão expostos no apêndice desse estudo.

Em um primeiro momento, as medidas obtidas pelos escâneres intra orais foram avaliadas havendo o interesse em se testar a similaridade entre o modelo mestre e os modelos digitais. Em um segundo momento, objetivou-se testar a existência de diferenças entre os escâneres entre si, em relação à magnitude dos erros em relação ao modelo mestre e em um terceiro momento objetivou-se testar o efeito do ângulo (erro angular) entre os transferentes.

Foram observadas oito dimensões nos modelos digitalizados por meio dos diversos escâneres, seis medidas lineares (A – F; A – D; C – F; C – D; A – C e D – F) e duas medidas angulares (α e β).

Nos estudos, foram observadas as medidas nos modelos digitalizados por meio dos escâneres (Trios 3Shape, Virtuo Straumann, iTero Element, Primescan, Convencional-inEos X5), aqui tratados como “métodos desafiantes” além da obtenção das medidas do modelo mestre por meio do escâner padrão (ATOS). As mensurações foram feitas em 10 escaneamentos.

Com o objetivo de testar e mensurar a similaridade entre os métodos desafiantes e o escâner de referência, foram calculadas as diferenças entre as medidas obtidas nos mesmos modelos digitais, conforme apresentado na equação 1.

$$\text{Variação}_i = \text{Método desafiante}_i - \text{ATOS}_i \quad (1)$$

i: indicador do modelo físico

Variação: Diferença entre o método desafiante e o método ATOS

Método desafiante: Medida obtida por meio do método que está sendo comparado ao ATOS

ATOS: Medida obtida por meio do método ATOS

As diferenças foram calculadas para cada uma das medidas anteriormente listadas e resultam em valores positivos quando o método desafiante aponta medidas maiores que a ATOS e medidas negativas quando o oposto ocorre.

Essa variável foi testada em relação à similaridade entre os métodos desafiantes e o ATOS já que em caso de similaridade, a diferença, como proposta deve ser igual a 0.

Uma segunda variável analisada é a diferença em termos absolutos, como apresentado na equação 2.

$$\text{Variação Absoluta}_i = |\text{Método desafiante}_i - \text{ATOS}_i| \quad (2)$$

i: indicador do modelo físico

Variação absoluta: Diferença entre o método desafiante e o método ATOS

Método desafiante: Medida obtida por meio do método que está sendo comparado ao ATOS

ATOS: Medida obtida por meio do método ATOS

Essa variável equaliza os erros ao torná-los sempre positivos, sendo assim, valores maiores e menores em relação ao ATOS são igualmente identificados como erros. Essa variável foi utilizada com o objetivo de comparar as taxas de erros entre os métodos desafiantes entre si.

Em todos os testes foi adotado o nível de significância de 5% ($p=0,05$) e os cálculos foram efetuados com apoio do sistema SAS (The SAS System, release 9.4. SAS Institute Inc., USA)

4.5.1 Teste de similaridade

Para atingir este objetivo foi aplicado o teste de Schuirmann (*TOST – Two-one sided test*), que permite concluir pela similaridade entre os métodos, que permitiria concluir, ou não, pela similaridade do modelo mestre em relação a cada um dos escâneres testados e em cada uma das medidas lineares e angulares avaliadas. Para este teste foi necessário o estabelecimento de um nível de tolerância de 0,1 milímetros (100 μm) (Almeida e Silva et al., 2014; Svanborg et al., 2014; Wulfman et al., 2020) para mais ou para menos, como sendo indicadora de condições satisfatoriamente similares.

Precedendo esse teste, a fim de avaliar as condições para aplicação do mesmo, o teste de Shapiro-Wilk e os coeficientes de assimetria e curtose foram aplicados com objetivo de se avaliar a aderência das diferenças à distribuição gaussiana.

4.5.2 Diferença entre os erros

A segunda etapa foi a comparação entre os erros (variações) observadas nos diferentes métodos. Para essa análise foram ajustados modelos lineares generalizados mistos de análise de variância para a comparação das médias das diferenças absolutas.

A validade dos modelos estimados foi então avaliada por meio de indicadores que quantificaram a aderência dos resíduos obtidos por meio dos modelos à distribuição gaussiana. Uma vez ajustados modelos que resultem em erros normalmente distribuídos, foram efetuados os cálculos da análise de variância e a aplicação do teste de Tukey para que se fosse feito as comparações múltiplas de médias.

4.5.3 Efeito do ângulo (erro angular)

Nesta etapa foi avaliada a diferença do erro propiciada pelo ângulo avaliado. Para esse objetivo foi realizada uma análise de variância, baseada em um modelo linear generalizado misto, da mesma forma que foram comparados os erros absolutos, mas com um modelo que inclui ambos, ângulo e escâner, como fontes de interação, nos moldes de um experimento inteiramente casualizado com dois fatores em arranjo fatorial.

5 RESULTADOS

De maneira preliminar a realização da estatística inferencial foram realizados testes das premissas de normalidade dos dados obtidos (Apêndices A-R).

Os resultados obtidos foram tabulados e estão expressos na tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Média, desvio padrão e comparação dos grupos experimentais com relação às distâncias A-F, A-D, C-F, C-D, A-C, D-F e aos ângulos α e β

Grupo	A-F		A-D		C-F		C-D	
	média	DV	média	DV	média	DV	média	DV
Convencional	0,1500	0,1300	0,1400	0,0404	-0,051	0,1066	0,064	0,1024
Prime	-0,0060	0,0324	-0,021	0,0208	-0,014	0,0284	-0,002	0,0181
Trios	0,0190	0,0415	-0,02	0,032	-0,065	0,0288	-0,027	0,0267
Virtuo	0,0181	0,0796	0,053	0,0368	0,071	0,0377	0,032	0,0239
iTero	-0,2050	0,0222	-0,258	0,0199	-0,249	0,0223	-0,101	0,016
Grupo	A-C		D-F		α		B	
	média	DV	média	DV	média	DV	média	DV
Convencional	0,027	0,1261	-0,064	0,0496	-0,02	0,6609	-2,49	0,94
Prime	-0,018	0,0244	-0,021	0,0197	-0,048	0,244	-0,05	1,15
Trios	-0,037	0,0295	-0,052	0,0319	-0,293	0,6499	-0,73	0,54
Virtuo	0,026	0,0363	0,011	0,0396	0,291	0,6451	-0,75	1,04
iTero	-0,203	0,0195	-0,213	0,0157	0,412	0,5968	-1,12	0,26

Fonte: O autor.

5.1 Teste de similaridade

Os itens a seguir descrevem os resultados obtidos entre as medidas dos grupos experimentais e o modelo mestre quanto ao grau de similaridade.

5.1.1 Medida (A – F)

A tabela 5.2, traz os resultados do teste de Schuirmann, para a medida A-F, para os métodos selecionados.

Tabela 5.1 - Análise de equivalência para a medida A – F nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%

Método	Média	Valores-p			Avaliação da equivalência ($\alpha=0,05$)
		superior	inferior	geral	
Convencional	0,1500	0,0001	0,8725	0,8725	Não equivalente
Prime	-0,0060	0,0001	0,0001	0,0001	Equivalente
Trios	0,0190	0,0001	0,0001	0,0001	Equivalente
Virtuo	0,0181	0,0001	0,9922	0,9922	Não equivalente
iTero	-0,2050	1,0000	0,0001	1,0000	Não equivalente

Fonte: O autor.

O teste de Schuirmann nos dá fortes indícios ($p<0,01$) de equivalência entre as medidas A – F obtidas por meio dos métodos Prime e Trios, não evidenciando equivalência nos demais métodos, o que pode ser avaliado por meio das estatísticas básicas (descritivas) apresentadas na tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida A – F nos métodos selecionados para a fase 1

Método	Média	Desvio padrão	Extremos		Limite de confiança	
			ínfimo	supremo	inferior	superior
Convencional	0,1500	0,1300	-0,0300	0,3300	0,0570	0,2430
Prime	-0,0060	0,0324	-0,0400	0,0600	-0,0292	0,0172
Trios	0,0190	0,0415	-0,0400	0,0800	-0,0107	0,0487
Virtuo	0,0181	0,0796	0,0900	0,3000	0,1199	0,2423
iTero	-0,2050	0,0222	-0,2400	-0,1600	-0,2209	-0,1891

Fonte: O autor.

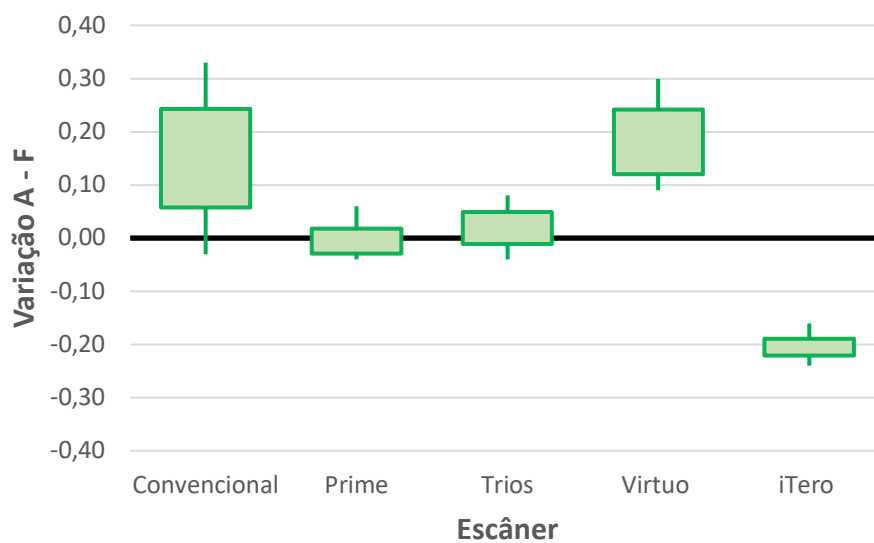
Iniciando-se pelo método convencional, nota-se que a média é maior que 0 evidenciando que as medidas A – F obtidas por esse método são, de maneira geral, maiores que as medidas A – F obtidas no método ATOS. O maior valor observado (0,33) é bastante maior que 0 enquanto que o menor valor (-0,03) é muito pouco menor que 0, não se tratando, portanto de uma medida equilibrada em torno da média. Por fim, a avaliação do limite de confiança da média todo (0,0570 a 0,2430), não incorporando o valor 0 o que frustra a expectativa de similaridade entre os dois métodos. De forma geral, há indicação de que as medidas obtidas pelo método convencional são maiores que as obtidas pelo método ATOS, não havendo indícios de equivalência.

Resultados similares são observados quando se analisa o método Virtuo, a média também é maior que 0. A diferença em termos numéricos (0,0181) é menor que a observada no método Convencional, entretanto, a variabilidade expressa pelo desvio padrão (0,0796) também o é, o que aumenta a confiança da média obtida como indicadora do valor verdadeiro. Analisando os valores ínfimos, nota-se que nenhuma medida foi negativa, ou seja, em nenhuma medida houve valor do método ATOS superior à do Virtuo. Nesse contexto também se rejeita a ideia de similaridade já que o teste aponta para maiores medidas obtidas nesse método que no ATOS.

O método iTero, por sua vez apresenta comportamento inverso aos dois anteriores. Nota-se uma média negativa, bem como todos os valores extremos e os limites de confiança, o que oferece indícios de que, em relação ao método ATOS, esse método traz medidas consistentemente menores e, conseqüentemente, não equivalentes.

Por fim os métodos Primescan e Trios trazem médias próximas a 0 e limites de confiança que incorporam o valor 0 dentro de faixas muito estreitas o que justifica a equivalência evidenciada pelo teste de Schuirmann. As comparações são ilustradas na figura 5.1.

Figura 5.1 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) da medida A – F



Fonte: O autor.

5.1.2 Medida (A – D)

A tabela 5.4, traz os resultados do teste de Schuirmann, para a medida A-D, para os métodos selecionados.

Tabela 2.4 - Análise de equivalência para a medida A – D nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%

Método	Média	Valores-p			Avaliação da equivalência ($\alpha=0,05$)
		superior	inferior	geral	
Convencional	0,1400	0,0001	0,9868	0,9868	Não equivalente
Prime.	-0,0210	0,0001	0,0001	0,0001	Equivalente
Trios	-0,0200	0,0001	0,0001	0,0001	Equivalente
Virtuo	0,0530	0,0001	0,0015	0,0015	Equivalente
iTero	-0,2580	1,0000	0,0001	1,0000	Não equivalente

Fonte: O autor.

O teste de Schuirmann nos dá fortes indícios ($p < 0,01$) de equivalência entre as medidas A – D obtidas por meio dos métodos Primescan, Trios e Virtuo, não evidenciando equivalência nos demais métodos, o que pode ser avaliado por meio das estatísticas básicas apresentadas na tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida A – D nos métodos selecionados para a fase 1

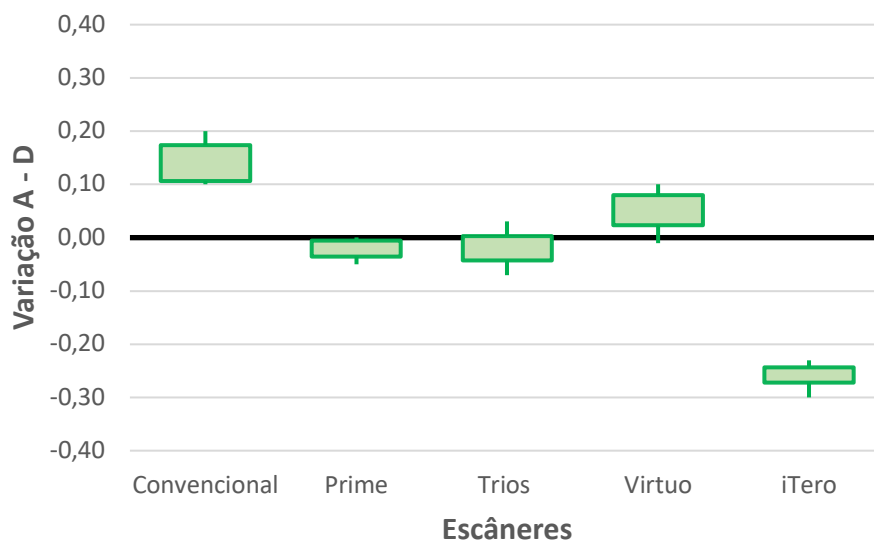
Método	Média	Desvio padrão	Extremos		Limite de confiança	
			ínfimo	supremo	inferior	superior
Convencional	0,1400	0,0404	0,1000	0,2000	0,1063	0,1737
Prime	-0,0210	0,0208	-0,0500	0,0010	-0,0359	-0,0061
Trios	-0,0200	0,0320	-0,0700	0,0300	-0,0429	0,0029
Virtuo	0,0530	0,0368	-0,0100	0,1000	0,0237	0,0793
iTero	-0,2580	0,0199	-0,3000	-0,2300	-0,2722	-0,2438

Fonte: O autor.

O método Convencional gera medidas consistentemente maiores que as do ATOS e o método iTero, consistentemente menores que o padrão. Esse mesmo comportamento foi observado na medida A – D.

Já os métodos Prime, Trios e Virtuo são significativamente similares ao método ATOS, conforme ilustra a figura 5.2.

Figura 5.2 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) da medida A – D



Fonte: O autor.

5.1.3 Medida (C – F)

A tabela 5.6, traz os resultados do teste de Schuirmann, para a medida C-F, para os métodos selecionados.

Tabela 5.6 - Análise de equivalência para a medida C – F nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%

Método	Média	Valores-p			Avaliação da equivalência ($\alpha=0,05$)
		superior	inferior	geral	
Convencional	-0,0510	0,0900	0,0008	0,0900	Não equivalente
Prime	-0,0140	0,0001	0,0001	0,0001	Equivalente
Trios	-0,0650	0,0020	0,0001	0,0020	Equivalente
Virtuo	0,0711	0,0001	0,0165	0,0165	Equivalente
iTero	-0,2490	1,0000	0,0001	1,0000	Não equivalente

Fonte: O autor.

O teste de Schuirmann nos dá fortes indícios ($p < 0,01$) de equivalência entre as medidas C – F obtidas por meio dos métodos Prime, Trios e Virtuo com o método ATOS, não evidenciando equivalência nos demais métodos, o que pode ser avaliado por meio das estatísticas básicas apresentadas na tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida C – F nos métodos selecionados para a fase 1

Método	Média	Desvio padrão	Extremos		Limite de confiança	
			ínfimo	supremo	inferior	superior
Convencional	-0,0510	0,1066	-0,1800	0,1500	-0,1273	0,0253
Prime	-0,0140	0,0284	-0,0600	0,0200	-0,0343	0,0063
Trios	-0,0650	0,0288	-0,1100	-0,0300	-0,0856	-0,0444
Virtuo	0,0711	0,0377	0,0200	0,1300	0,0452	0,0970
iTero	-0,2490	0,0223	-0,2800	-0,2100	-0,2650	-0,2330

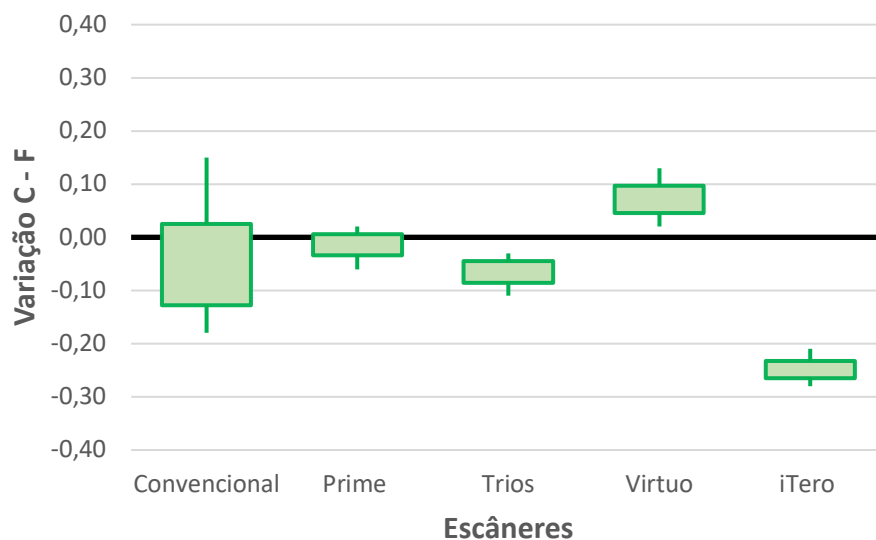
Fonte: O autor.

A média do método Convencional não exprime, numericamente uma diferença tão grande em relação ao valor 0, referência para a similaridade, entretanto, observa-se um desvio padrão muito grande, denunciando uma variabilidade muito grande dessa medida. No contexto de uma análise de similaridade, não basta que a média se aproxime de 0, mas há necessidade de consistência em relação a essa medida.

Por outro lado, seguindo o mesmo comportamento das variáveis anteriormente tratadas, a média do método iTero é consistentemente menor que a do método referência (ATOS).

Já os métodos Prime Dr., Trios e Virtuo são significativamente similares ao método ATOS, conforme ilustra a figura 3.

Figura 5.2 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) da medida C – F



Fonte: O autor.

5.1.4 Medida (C – D)

A tabela 5.8, traz os resultados do teste de Schuirmann, para a medida C-D, para os métodos selecionados.

Tabela 5.8 - Análise de equivalência para a medida C – D nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%

Método	Média	Valores-p			Avaliação da equivalência ($\alpha=0,05$)
		superior	inferior	geral	
Convencional	0,0640	0,0003	0,1476	0,1476	Não equivalente
Prime	-0,0020	0,0001	0,0001	0,0001	Equivalente
Trios	-0,0270	0,0001	0,0001	0,0001	Equivalente
Virtuo	0,0320	0,0001	0,0001	0,0001	Equivalente
iTero	-0,1010	0,5764	0,0001	0,5764	Não equivalente

Fonte: O autor.

O teste de Schuirmann nos dá fortes indícios ($p < 0,01$) de equivalência entre as medidas C – D obtidas por meio dos métodos Prime, Trios e Virtuo com o método ATOS, não evidenciando equivalência nos demais métodos, o que pode ser avaliado por meio das estatísticas básicas apresentadas na tabela 5.9.

Tabela 5.9 - Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida C – D nos métodos selecionados para a fase 1

Método	Média	Desvio padrão	Extremos		Limite de confiança	
			ínfimo	supremo	inferior	superior
Convencional	0,0640	0,1024	-0,1100	0,2000	-0,0093	0,1373
Prime	-0,0020	0,0181	-0,0300	0,0200	-0,0150	0,0110
Trios	-0,0270	0,0267	-0,0600	0,0300	-0,0461	-0,0079
Virtuo	0,0320	0,0239	-0,0100	0,0800	0,0149	0,0491
iTero	-0,1010	0,0160	-0,1300	-0,0800	-0,1124	-0,0896

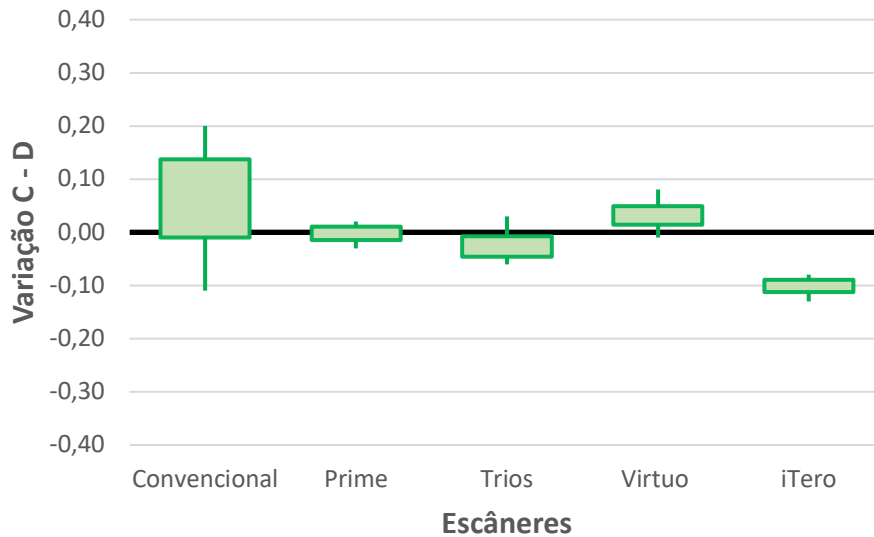
Fonte: O autor.

As conclusões são similares às observadas nos resultados da análise da medida anteriormente tratada, de forma que a média do método Convencional não é apontado como similar dada a grandeza do desvio padrão, indicando muita variabilidade na medida.

Por outro lado, seguindo o mesmo comportamento das variáveis anteriormente tratadas, a média do método iTero é consistentemente menor que a do método referência (ATOS).

Já os métodos Prime, Trios e Virtuo são significativamente similares ao método ATOS, conforme ilustra a figura 5.4.

Figura 5.3 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) da medida C – D



Fonte: O autor.

5.1.5 Medida (A – C)

A tabela 5.10, traz os resultados do teste de Schuirmann, para a medida A-C, para os métodos selecionados.

Tabela 5.10 - Análise de equivalência para a medida A – C nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%

Método	Média	Valores-p			Avaliação da equivalência ($\alpha=0,05$)
		superior	inferior	geral	
Convencional	0,0270	0,0055	0,0501	0,0501	Não equivalente
Prime	-0,0180	0,0001	0,0001	0,0001	Equivalente
Trios	-0,0370	0,0001	0,0001	0,0001	Equivalente
Virtuo	0,0260	0,0001	0,0001	0,0001	Equivalente
iTero	-0,2030	1,0000	0,0001	1,0000	Não equivalente

Fonte: O autor.

O teste de Schuirmann nos dá fortes indícios ($p < 0,01$) de equivalência entre as medidas A – C obtidas por meio dos métodos Primescan, Trios e Virtuo com o método ATOS, não evidenciando equivalência nos demais métodos, o que pode ser avaliado por meio das estatísticas básicas apresentadas na tabela 5.11.

Tabela 5.11 - Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida A – C nos métodos selecionados para a fase 1

Método	Média	Desvio padrão	Extremos		Limite de confiança	
			ínfimo	supremo	inferior	superior
Convencional	0,0270	0,1261	-0,1800	0,2200	-0,0632	0,1172
Prime	-0,0180	0,0244	-0,0700	0,0100	-0,0355	-0,0005
Trios	-0,0370	0,0295	-0,0700	0,0200	-0,0581	-0,0159
Virtuo	0,0260	0,0363	-0,0100	0,1000	0,0001	0,0519
iTero	-0,2030	0,0195	-0,2400	-0,1700	-0,2169	-0,1891

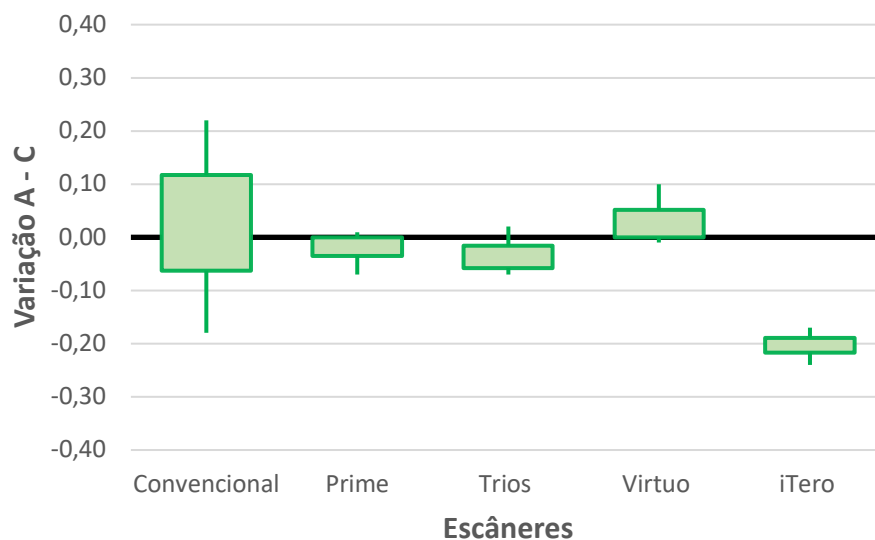
Fonte: O autor.

As conclusões são similares às observadas nos resultados da análise da medida anteriormente tratada, de forma que a média do método Convencional não exprime, numericamente uma diferença tão grande em relação ao valor 0, referência para a similaridade, entretanto, observa-se um desvio padrão muito grande, denunciando uma variabilidade muito grande dessa medida. No contexto de uma análise de similaridade, não basta que a média se aproxime de 0, mas há necessidade de consistência em relação a essa medida.

Por outro lado, seguindo o mesmo comportamento das variáveis anteriormente tratadas, a média do método iTero é consistentemente menor que a do método referência (ATOS).

Os métodos Primescan, Trios e Virtuo são significativamente similares ao método ATOS, conforme ilustra a figura 5.5.

Figura 4.5 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) da medida A – C



Fonte: O autor.

5.1.6 Medida (D – F)

A tabela 5.12, traz os resultados do teste de Schuirmann, para a medida A-C, para os métodos selecionados.

Tabela 5.12 - Análise de equivalência para a medida D – F nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%

Método	Média	Valores-p			Avaliação da equivalência ($\alpha=0,05$)
		superior	inferior	geral	
Convencional	-0,0638	0,0387	0,0001	0,0387	Questionável
Prime	-0,0210	0,0001	0,0001	0,0001	Equivalente
Trios	-0,0520	0,0005	0,0001	0,0005	Equivalente
Virtuo	0,0110	0,0001	0,0001	0,0001	Equivalente
iTero	-0,2130	1,0000	0,0001	1,0000	Não equivalente

Fonte: O autor.

No método convencional o valor-p obtido no teste de Schuirmann foi de 0,0387, um valor relativamente próximo ao nível de significância (0,05) adotado. Diante de uma situação com sinais de curtose, não se recomenda tomar o valor-p como exato e, por isso, apesar de ser significativo, recomenda-se cautela ao se afirmar que o método convencional é equivalente ao ATOS, apesar de aceitável já que o nível de significância é menor que 0,05.

O teste de Schuirmann nos dá fortes indícios ($p < 0,01$) de equivalência entre as medidas D – F obtidas por meio dos métodos Primescan., Trios e Virtuo com o método ATOS, não evidenciando equivalência, apenas, no método iTero, o que pode ser avaliado por meio das estatísticas básicas apresentadas na tabela 5.13.

Tabela 5.13 - Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida D – F nos métodos selecionados para a fase 1

Método	Média	Desvio padrão	Extremos		Limite de confiança	
			ínfimo	supremo	inferior	superior
Convencional	-0,0638	0,0496	-0,1200	0,0400	-0,1052	-0,0223
Prime	-0,0210	0,0197	-0,0500	0,0200	-0,0351	-0,0069
Trios	-0,0520	0,0319	-0,1200	0,0000	-0,0748	-0,0292
Virtuo	0,0110	0,0396	-0,0400	0,0800	-0,0173	0,0393
iTero	-0,2130	0,0157	-0,2400	-0,1900	-0,2242	-0,2018

Fonte: O autor.

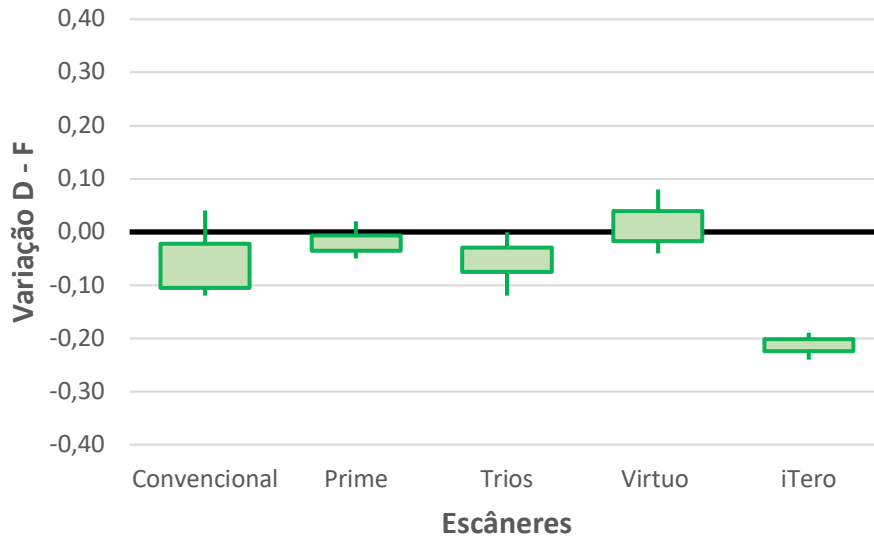
A novidade, nessa medida, é a similaridade apontada em entre o método Convencional e o método ATOS, o que ainda não havia sido detectado e que pode ser tido como questionável em vista da possibilidade de que os dados não sejam plenamente aderentes à distribuição gaussiana.

O método iTero segue a tendência até aqui observada em todas as medidas de apresentar medidas inferiores àquelas obtidas por meio do método ATOS, conforme ilustra a figura 5.6.

Por outro lado, seguindo o mesmo comportamento das variáveis anteriormente tratadas, a média do método iTero é consistentemente menor que a do método referência (ATOS).

Os métodos Primescan, Trios e Virtuo são significativamente similares ao método ATOS, conforme ilustra a figura 5.6

Figura 5.6 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) da medida D – F



Fonte: O autor.

5.1.7 Ângulo α

A tabela 5.14, traz os resultados do teste de Schuirmann, para a medida A-C, para os métodos selecionados.

Tabela 5.14 - Análise de equivalência para a medida do ângulo alfa nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%

Método	Média	Valores-p			Avaliação da equivalência ($\alpha=0,05$)
		superior	inferior	geral	
Convencional	-0,0200	0,3554	0,2900	0,3554	Não equivalente
Prime	-0,0480	0,2586	0,0437	0,2586	Não equivalente
Trios	-0,2930	0,8139	0,0441	0,8139	Não equivalente
Virtuo	0,2910	0,0438	0,8132	0,8132	Não equivalente
iTero	0,4120	0,0119	0,9337	0,9337	Não equivalente

Fonte: O autor.

Não são encontradas evidências de similaridade entre os métodos desafiantes e o método ATOS. Refletiu-se acerca da validade do intervalo de tolerância dessa variável, com natureza angular, diferente das demais que apresentam natureza linear, entretanto, não se concluiu pela validade da adoção de outra faixa, com base na magnitude dos valores observados. As características das comparações podem ser avaliadas com base nas estatísticas básicas apresentadas na tabela 5.15.

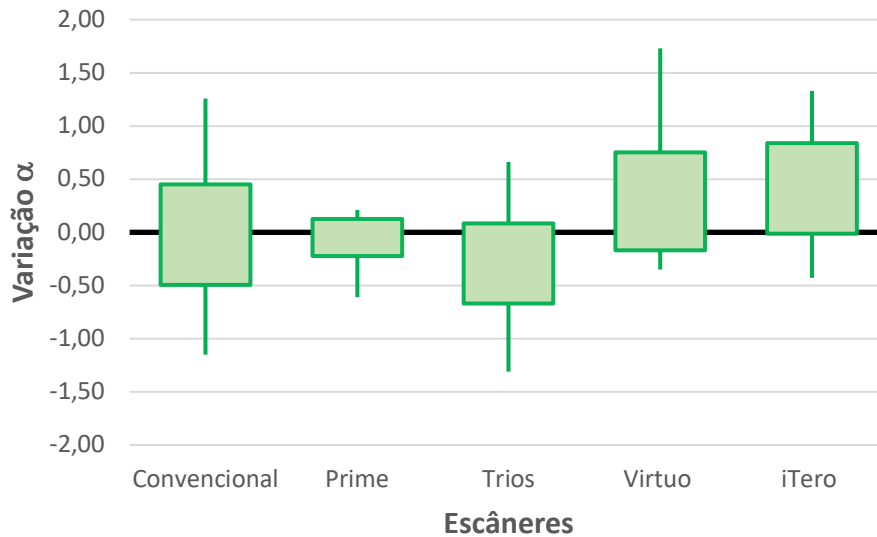
Tabela 5.15 - Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida do ângulo alfa nos métodos selecionados para a fase 1

Método	Média	Desvio padrão	Extremos		Limite de confiança	
			ínfimo	supremo	inferior	superior
Convencional	-0,0200	0,6609	-1,1500	1,2600	-0,4928	0,4528
Prime	-0,0480	0,2440	-0,6100	0,2100	-0,2225	0,1265
Trios	-0,2930	0,6499	-1,3100	0,6600	-0,6697	0,0837
Virtuo	0,2910	0,6451	-0,3500	1,7300	-0,1704	0,7524
iTero	0,4120	0,5968	-0,4300	1,3300	-0,0149	0,8389

Fonte: O autor.

Não são observados indícios de similaridade entre os métodos testados e o padrão (ATOS). Apesar das médias serem próximas a 0, observa-se nos limites de confiança, variações que excedem meio grau, para mais ou para menos, sendo uma diferença muito grande e que, possivelmente gere problema em relação ao uso da medida nesse grau de variação. As diferenças são ilustradas na figura 5.7.

Figura 5.7 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) do ângulo alfa



Fonte: O autor.

Com base no gráfico, estima-se que haveria similaridade com o método Prime Dr., desde que se assumisse uma margem de tolerância próxima a 0,25 grau enquanto que a similaridade em relação aos demais seria observada caso adotada uma tolerância próxima a 0,5 grau.

5.1.8 Ângulo β

A avaliação da normalidade deixa clara a não aderência das medidas de dois métodos à distribuição gaussiana: Primescan. e Virtuo. Em ambos os casos temos indícios para a rejeição da ideia de normalidade no nível de significância de 5% pelo teste de Shapiro-Wilk, como temos coeficientes que extrapolam os limites comumente aceitos.

Diante disso, a confiabilidade do teste de Schuirmann ficou muito comprometida, mas a avaliação que se segue mostrará se tratar de uma questão irrelevante já que não foi detectado indícios de similaridade entre o ATOS e nenhum dos demais métodos, como se verifica na tabela 5.16.

Tabela 5.16 - Análise de equivalência para a medida do ângulo beta nos métodos selecionados para a fase 1 pelo teste de Schuirmann com equivalência considerada com base no nível de significância de 5%

Método	Média	Valores-p			Avaliação da equivalência ($\alpha=0,05$)
		superior	inferior	geral	
Convencional	-2,4900	1,0000	0,0001	1,0000	Não equivalente
Prime	-0,0500	0,4470	0,3453	0,4470	Não equivalente
Trios	-0,7290	0,9974	0,0005	0,9974	Não equivalente
Virtuo	-0,7489	0,9510	0,0200	0,9510	Não equivalente
iTero	-1,1190	1,0000	0,0001	1,0000	Não equivalente

Fonte: O autor.

Não são encontradas evidências de similaridade entre os métodos desafiantes e o método ATOS. Refletiu-se acerca da validade do intervalo de tolerância dessa variável, com natureza angular, diferente das demais que apresentam natureza linear, entretanto, não se concluiu pela validade da adoção de outra faixa, com base na magnitude dos valores observados. As características das comparações podem ser avaliadas com base nas estatísticas básicas apresentadas na tabela 5.17.

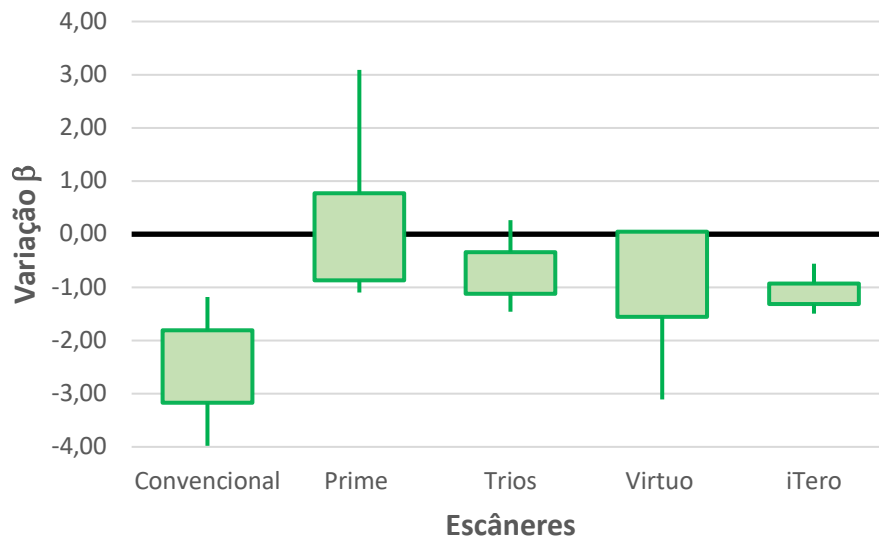
Tabela 5.17 - Média, desvio padrão, valores extremos e limites de confiança (95%) da média da variação da medida do ângulo alfa nos métodos selecionados para a fase 1

Método	Média	Desvio padrão	Extremos		Limite de confiança	
			ínfimo	supremo	inferior	superior
Convencional	-2,4900	0,9438	-3,9800	-1,1800	-3,1651	-1,8149
Prime	-0,0500	1,1536	-1,1000	3,0900	-0,8752	0,7752
Trios	-0,7290	0,5428	-1,4600	0,2600	-1,1173	-0,3407
Virtuo	-0,7489	1,0395	-3,1100	0,0300	-1,5479	0,0501
iTero	-1,1190	0,2610	-1,4900	-0,5600	-1,3057	-0,9323

Fonte: O autor.

Não são observados indícios de similaridade entre os métodos testados e o padrão (ATOS). Observa-se nos limites de confiança, variações que, no melhor dos métodos, se aproximam de um grau (Primescan) enquanto que os demais excedem um grau, para mais ou para menos, sendo uma diferença muito grande e que, possivelmente gere problema em relação ao uso da medida nesse grau de variação. As diferenças são ilustradas na figura 5.8.

Figura 5.8 - Valores extremos e limite de confiança da média das diferenças entre os métodos desafiantes e o método ATOS (Desafiante – ATOS) do ângulo beta



Fonte: O autor.

Com base no gráfico, estima-se que haveria similaridade com o método Prime Dr., desde que se assumisse uma margem de tolerância próxima a 1 grau enquanto que a similaridade em relação aos demais seria observada caso adotada uma tolerância superior a 1,5 grau.

5.2 Diferença entre os erros

A tabela 5.18 apresenta da análise de variância para cada uma das variáveis analisadas.

Tabela 5.18 - Análise de variância para as comparações de médias das variações obtidas nos métodos estudados

Variação	Graus de liberdade		Teste F		Distribuição adotada no modelo
	numerador	denominador	estatística	valor-p	
A – F	4	44	17,38	0,0001	Gaussiana
A – D	4	43	129,57	0,0001	Gaussiana
C – F	4	44	60,12	0,0001	Gaussiana
C – D	4	45	7,96	0,0001	ANOVA-R
A – C	4	45	37,37	0,0001	Gaussiana
D – F	4	43	91,27	0,0001	Lognormal
Âng. alfa (A.B)	4	45	2,29	0,0747	Lognormal
Âng. beta (E.F)	4	44	9,19	0,0001	Lognormal

Fonte: O autor.

Em quatro variáveis, o modelo tradicional apropriado para dados oriundos de população aderente a distribuição gaussiana se mostrou apropriado (|A – F|, |A – D|, |C – F| e |A – C|). Três variáveis tiveram modelagem que considera aderência dos dados à distribuição lognormal (|D – F|, |Âng. α | e |Âng. β |) e uma única variável sofreu análise de variância baseada em postos, na qual não se faz presunção a respeito da aderência da população a nenhuma distribuição (C – D).

Os parâmetros estatísticos e testes de múltipla comparação de Tukey dos valores absolutos de erro, para as variáveis de distância e angulares estão expostos nas tabelas 5.19 e 5.20.

Tabela 5.19 - Parâmetros estatísticos e testes de múltipla comparação de Tukey dos valores absolutos de erro, para as variáveis de distância. Unidade experimental = mm (milímetros)

Variável	Grupo	Média	DP	Lim.Sup. 95% IC	Lim.Inf. 95% IC	Tukey
AF	Convencional	0.16	0.11	0.24	0.08	A
	Prime	0.03	0.02	0.04	0.01	B
	Trios	0.04	0.03	0.05	0.02	B
	Virtuo	0.18	0.08	0.24	0.12	A
	iTero	0.21	0.02	0.22	0.19	A
AD	Convencional	0.14	0.04	0.17	0.11	B
	Prime	0.03	0.02	0.04	0.01	C
	Trios	0.03	0.02	0.05	0.01	C
	Virtuo	0.06	0.03	0.08	0.03	C
	iTero	0.26	0.02	0.27	0.24	A
CF	Convencional	0.10	0.06	0.14	0.06	B
	Prime	0.02	0.02	0.04	0.01	C
	Trios	0.07	0.03	0.09	0.04	BC
	Virtuo	0.07	0.03	0.10	0.05	B
	iTero	0.25	0.02	0.26	0.23	A
CD	Convencional	0.09	0.08	0.15	0.03	AB
	Prime	0.01	0.01	0.02	0.01	C
	Trios	0.03	0.02	0.05	0.02	B
	Virtuo	0.03	0.02	0.05	0.02	B
	iTero	0.10	0.02	0.11	0.09	A
AC	Convencional	0.1	0.07	0.15	0.05	B
	Prime	0.02	0.02	0.04	0.01	C
	Trios	0.04	0.02	0.06	0.02	C
	Virtuo	0.03	0.03	0.05	0.01	C
	iTero	0.20	0.02	0.22	0.19	A
DF	Convencional	0.07	0.03	0.10	0.05	B
	Prime	0.03	0.01	0.03	0.02	C
	Trios	0.05	0.03	0.07	0.03	BC
	Virtuo	0.03	0.02	0.05	0.02	C
	iTero	0.21	0.02	0.22	0.20	A

Fonte: O autor.

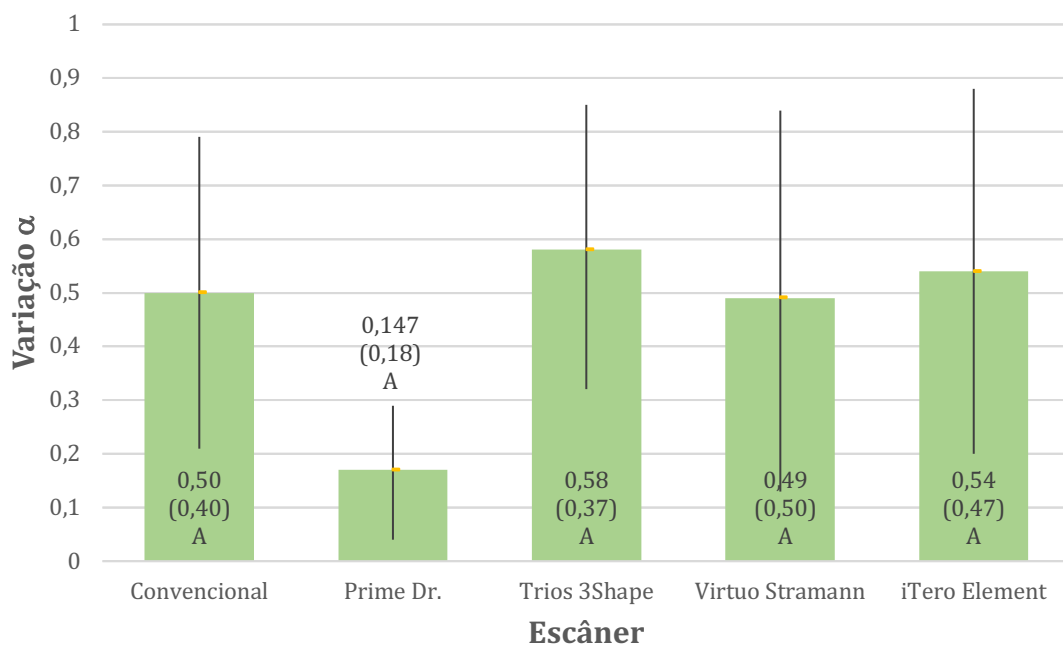
Tabela 5.20 - Parâmetros estatísticos e testes de múltipla comparação de Tukey dos valores absolutos de erro, para as variáveis angulares alfa.(α)e beta.(β). Unidade experimental = ° (graus)

Variável	Grupo	Média	DP	Lim.Sup. 95% IC	Lim.Inf. 95% IC	Tukey
E.F.(β)	Convencional	2.49	0.94	3.17	1.81	A
	Prime	0.72	0.87	1.34	0.09	B
	Trios	0.8	0.43	1.1	0.49	B
	Virtuo	0.77	1.02	1.55	-0.02	B
	iTero	1.12	0.26	1.31	0.93	B
A.B.(α)	Convencional	0.5	0.4	0.79	0.21	A
	Prime	0.17	0.18	0.29	0.04	A
	Trios	0.58	0.37	0.85	0.32	A
	Virtuo	0.49	0.5	0.84	0.13	A
	iTero	0.54	0.47	0.88	0.2	A

Fonte: O autor.

Não foram observados indícios de efeito significativo nas diferenças da medida absoluta $|\text{Ang.}\alpha|$, com isso, não se pode concluir pela existência de efeito dos métodos nas médias, conforme ilustra a figura 5.9.

Figura 5.9 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta A.B (α). Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%



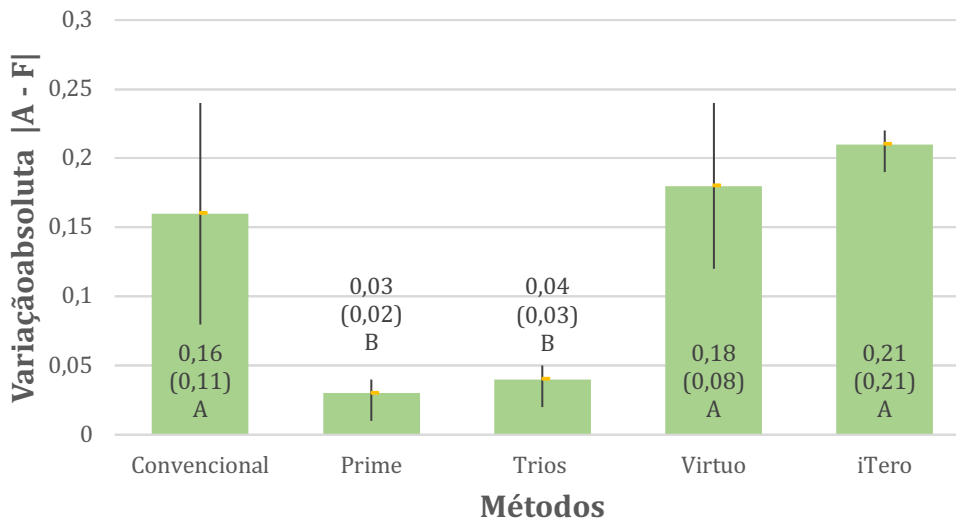
Fonte: O autor.

O valor-p apontado na análise de variância (0,0747) é muito pouco superior ao nível de significância adotado no estudo. Não se pode concluir pela existência de diferenças significativas entre as médias de variação dos métodos estudados. Entretanto, a avaliação do gráfico sugere que a média de variação absoluta na medida absoluta obtida no método Primescan é inferior à do método Trios 3Shape, pelo menos, já que não há intersecção dos limites de confiança desses métodos.

Excluindo-se a medida anteriormente tratada (ângulo α), em todas as demais variações há fortes indícios ($p < 0,01$) da existência de diferenças entre as variações de, pelo menos, dois dentre os métodos estudados.

Em vista disso, cada um deles teve o resultado da comparação de médias comparadas duas a duas pelo teste de Tukey-Kramer, exceto a medida analisada por meio da técnica não paramétrica, iniciando-se pela avaliação das comparações das médias de variação absoluta $|A - F|$ apresentada na figura 5.10.

Figura 5.10 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta $|A - F|$. Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%

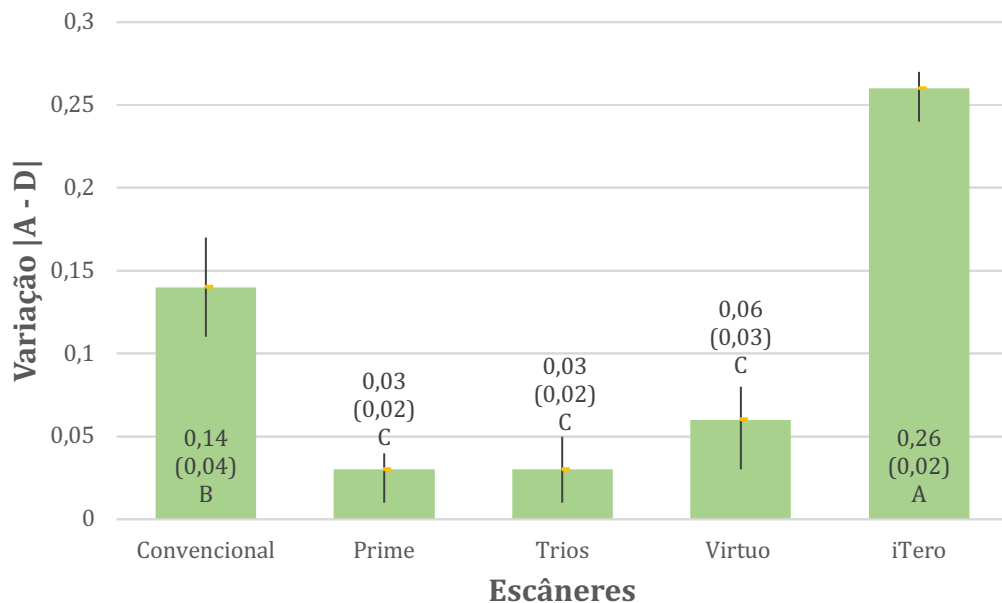


Fonte: O autor.

O teste de Tukey revela a formação de dois grupos, o primeiro composto pelos métodos Convencional ($0,16 \pm 0,11$)^A, Virtuo ($0,18 \pm 0,08$)^A iTero ($0,21 \pm 0,21$)^A que apresentam médias significativamente maiores que a dos demais, Primescan ($0,03 \pm 0,02$)^B e Trio($0,04 \pm 0,03$)^B.

A ilustração das variações absolutas |A – D| é apresentada na figura 5.11.

Figura 5.11 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta |A – D|. Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%

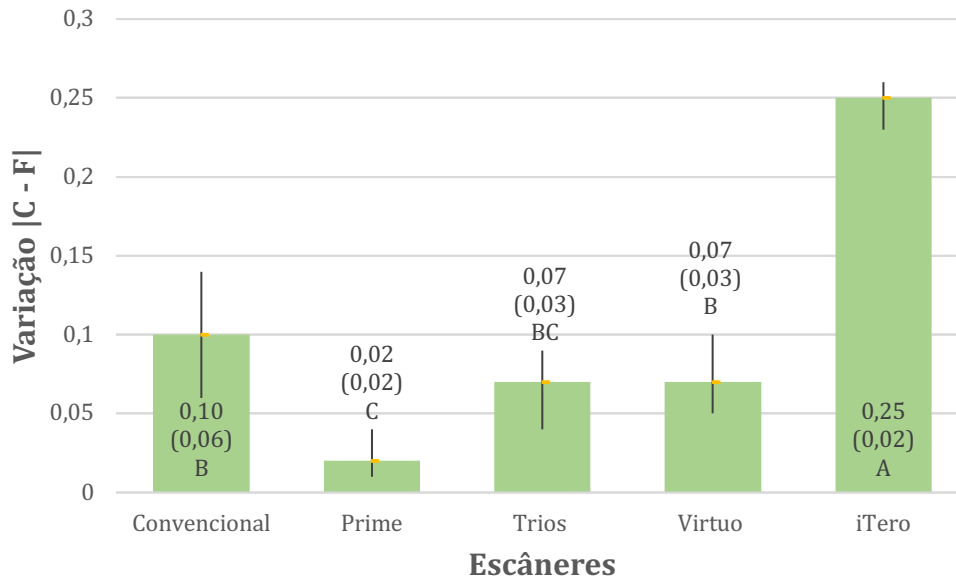


Fonte: O autor.

O teste de Tukey evidencia que a maior média de variação absoluta |A – D| ocorreu no método iTero ($0,26 \pm 0,02$)^A, média significativamente superior à observada no método Convencional ($0,14 \pm 0,04$)^B que, por sua vez é significativamente maior que as médias dos três métodos restantes [Primescan ($0,03 \pm 0,02$)^C, Trios ($0,03 \pm 0,02$)^C e Virtuo ($0,06 \pm 0,03$)^C].

A ilustração das variações absolutas |C – F| é apresentada na figura 5.12.

Figura 5.12 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta |C – F|. Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%

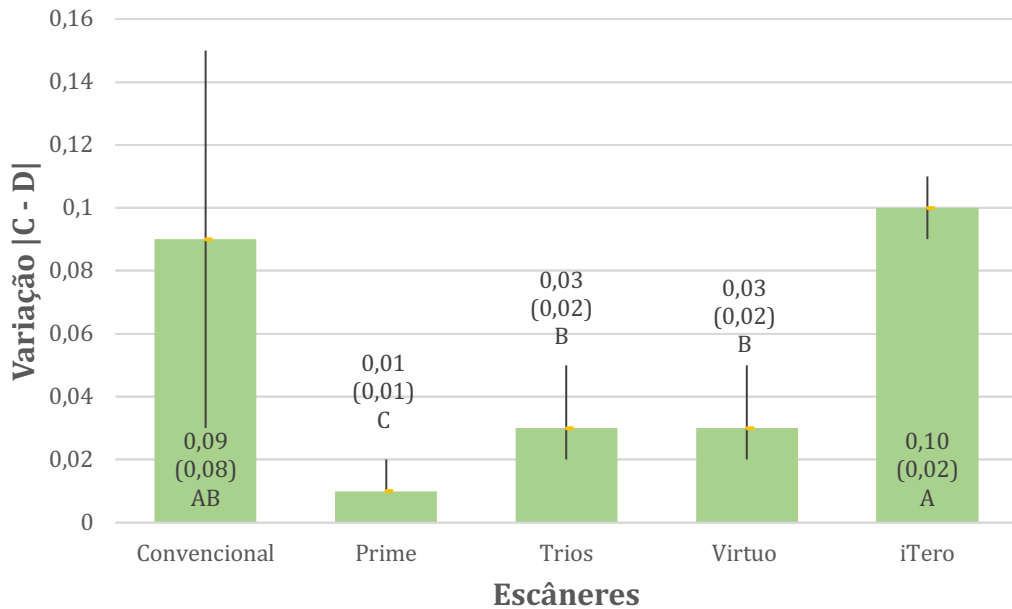


Fonte: O autor.

O teste de Tukey evidencia que a maior média de variação absoluta |C – F| ocorreu no método iTero ($0,25 \pm 0,02$)^A, média significativamente superior à observada em todos os demais métodos. Também são observados indícios de que as médias de variação absoluta dos métodos Convencional ($0,14 \pm 0,04$)^B e Virtuo ($0,07 \pm 0,03$)^B são significativamente maiores que a média do método Primescan ($0,02 \pm 0,02$)^C.

A ilustração das variações absolutas |C – D| é apresentada na figura 5.13.

Figura 5.13 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta $|C - D|$. Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%

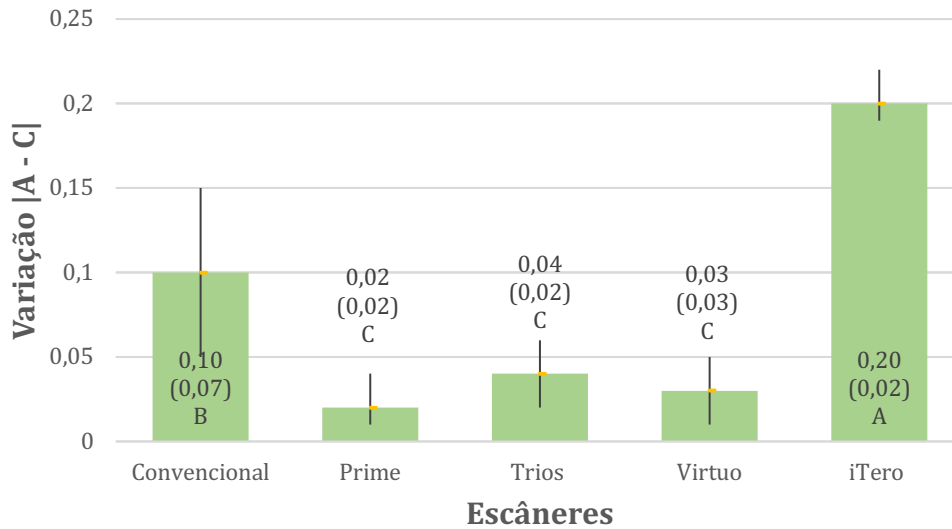


Fonte: O autor.

O teste t baseado em postos evidencia que a média de variação absoluta $|C - D|$ é significativamente maior no método iTero ($0,10 \pm 0,02$)^A que nos métodos Primescan ($0,01 \pm 0,01$)^C, Trios ($0,03 \pm 0,02$)^B e Virtuo ($0,03 \pm 0,02$)^B e que o método Primescan ($0,01 \pm 0,01$)^C apresenta médias significativamente inferior a todos os demais.

A ilustração das variações absolutas $|A - C|$ é apresentada na figura 5.14.

Figura 5.14 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta $|A - C|$. Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%

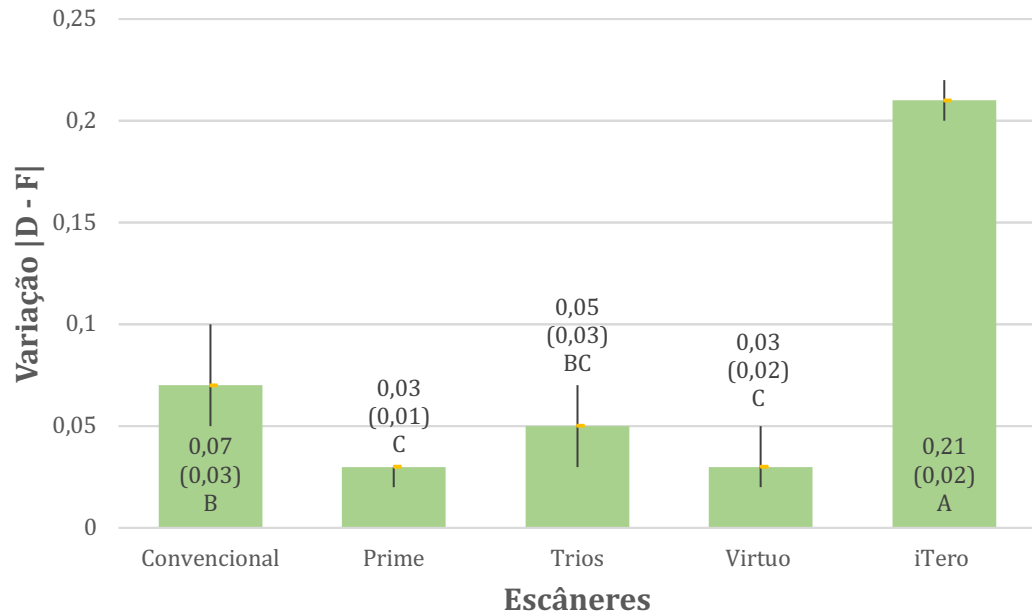


Fonte: O autor.

O teste de Tukey evidencia a formação de três grupos de médias de variação absoluta $|A - C|$ significativamente diferentes entre si. O grupo iTero ($0,20 \pm 0,02$)^A é o que apresenta média de variação significativamente superior a todos os demais e o método convencional tem média de variação significativamente superior às dos demais métodos [Primescan ($0,02 \pm 0,02$)^C, Trios ($0,04 \pm 0,02$)^C e Virtuo ($0,03 \pm 0,03$)^C].

A ilustração das variações absolutas $|D - F|$ são apresentadas na figura 5.15.

Figura 5.15 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta $|D - F|$. Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%

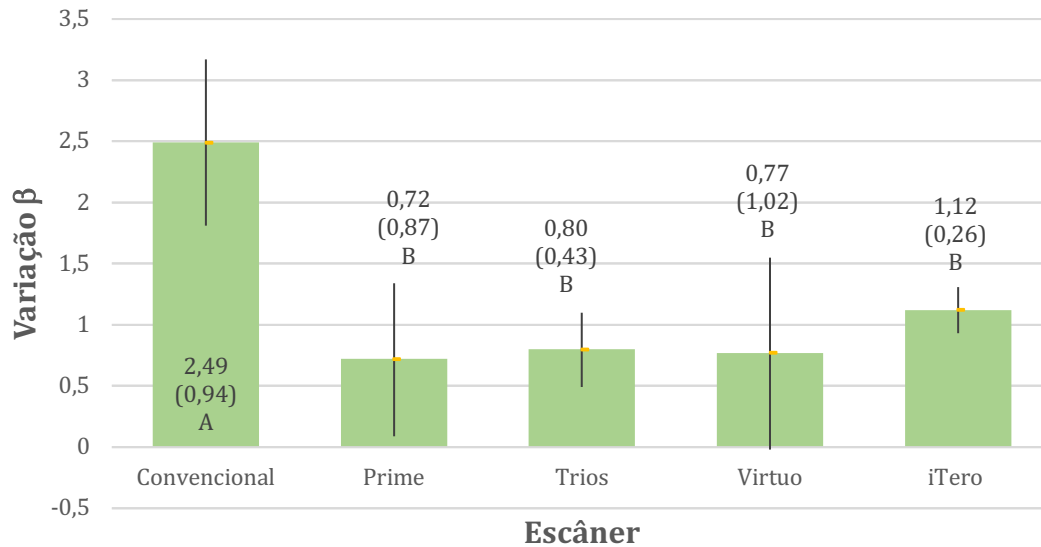


Fonte: O autor.

O teste de Tukey nos dá evidências de que a média do método iTero ($0,21 \pm 0,02$)^A é significativamente maior que todas as demais e também que a média do método Convencional ($0,07 \pm 0,03$)^B é significativamente maior que a dos métodos Primescan ($0,03 \pm 0,01$)^C e Virtuo ($0,03 \pm 0,02$)^C.

Por fim, a ilustração das variações absolutas do ângulo é apresentada na figura 5.16.

Figura 5.16 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) da variação absoluta (β). Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%



Fonte: O autor.

O teste de Tukey nos dá evidências de que a média do método Convencional ($2,49 \pm 0,94$)^A é significativamente maior que as médias de todos os demais métodos do estudo.

5.3 Efeito do ângulo (Erro angular)

A tabela 5.21 traz a análise de variância de dois fatores (ângulos x grupos), para estudo do efeito do ângulo (Erro angular)

Tabela 5.21 - Análise de variância de acordo com modelo apropriado para experimentos inteiramente casualizados com dois fatores e interação calculado a partir de modelo linear generalizado misto com presunção de dados oriundos de população distribuída de forma aderente à distribuição lognormal

Efeito	Graus de liberdade		Teste F		Critério
	numerador	denominador	estatística	valor-p	
Grupo	4	89	6,24	0,0002	Significativo
Ângulo	1	89	20,64	0,0001	Significativo
Grupo * Ângulo	4	89	4,00	0,0050	Significativo

Fonte: O autor.

Foram observados fortes indícios ($p < 0,01$) da existência de efeito significativo dos dois efeitos principais (Grupo e Ângulo), bem como da interação entre os efeitos principais (Grupo*Ângulo).

Conclui-se, portanto, que houve efeito da combinação dos níveis dos fatores o que exige que fossem realizadas comparações das médias das combinações dos níveis dos dois efeitos, não sendo razoável uma conclusão geral, do tipo: no ângulo alfa ocorrem maiores erros que no ângulo beta, independentemente do método de digitalização.

O teste de Tukey-Kramer para as combinações é apresentado na tabela 5.22.

Tabela 5.22 - Média (desvio padrão) e teste de Tukey-Kramer para comparações múltiplas de médias (duas a duas) do erro angular. Médias com letras iguais não diferem entre si no nível de significância de 5%

Método	Ângulo					
	Alfa			Beta		
Convencional	0,50	(0,40)	B C	2,49	(0,94)	A
Prime	0,17	(0,18)	C	0,72	(0,87)	B
Trios	0,58	(0,37)	B	0,80	(0,43)	A B
Virtuo	0,49	(0,50)	B C	0,77	(1,02)	B C
iTero	0,54	(0,47)	B C	1,12	(0,26)	A B

Fonte: O autor.

Em função da existência da interação significativa, a comparação de médias foi realizada entre as combinações dos níveis dos fatores. Uma forma interessante de se interpretar os resultados é avaliando as diferenças nas linhas e colunas, ou seja, dos ângulos dentro dos tratamentos (linhas) e dos métodos dentro dos ângulos (colunas), mas quaisquer combinações de métodos e ângulos podem ser comparadas, mas para isso há necessidade de comparações pontuais.

Analisando primeiramente as diferenças entre ângulos, observa-se que quando usado o método convencional, a média dos erros são significativamente menores quando se mede o ângulo alfa (0,50) que quando se mede o ângulo beta (2,49).

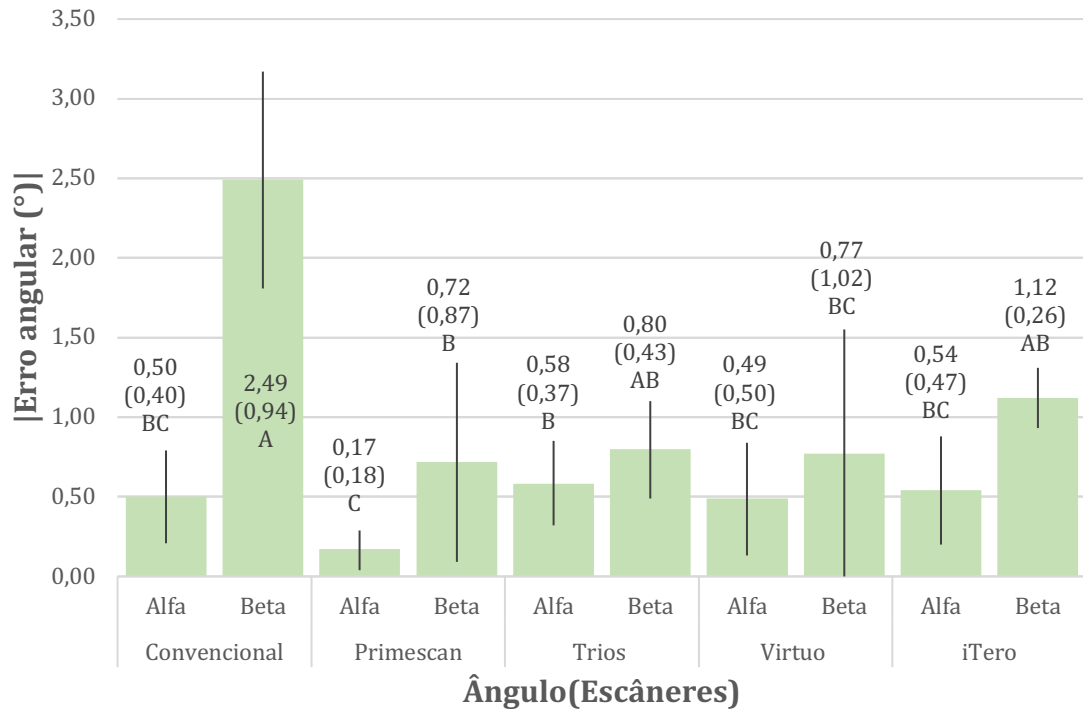
No método Primescan, também é significativamente menor a média dos erros observados nas medidas do ângulo alfa em relação à do ângulo beta. Já nos métodos Trios, Virtuo e iTero não houve indícios de diferenças nas médias de erro dos ângulos alfa e beta.

Uma segunda comparação é a dos métodos, o que deve ser feito dentro dos ângulos (nas colunas). No ângulo alfa são observados indícios de que a média de erro do Trios é significativamente maior que a do método Primescan.

Já no ângulo beta, são observados indícios de que a média de erro do método convencional é significativamente maior que a média de erro dos métodos Primescan e Virtuo.

A figura 5.17 ilustra a comparação das médias das combinações de métodos e ângulos.

Figura 5.17 - Média (desvio padrão), limites de confiança de média (95%) do |Erro Angular|. Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%



Fonte: O autor.

6 DISCUSSÃO

Este estudo realizou uma análise *in vitro* da acurácia de quatro escâneres intra orais (Primescan, Trios, Virtuo, iTero) em relação à técnica convencional de moldeira aberta na moldagem de múltiplos implantes em maxila edêntula. Para a análise tridimensional, os modelos físicos obtidos pela técnica de moldagem convencional foram digitalizados por meio de um escâner laboratorial (inEos X5). Foram formados cinco grupos experimentais, com 10 arquivos STL por grupo (n=50). Para geração do arquivo digital utilizado como padrão, o modelo mestre foi digitalizado por meio de um escâner industrial de alta precisão (ATOS). Todos os processos de escaneamento foram realizados pelo mesmo operador e sem a remoção dos *scan bodies* do modelo mestre afim de evitar possíveis vieses de técnica.

Para o grupo da técnica da moldagem convencional, a opção pela união dos transferentes com resina acrílica, sua posterior secção e nova união se deu por esta ser a técnica consagrada na literatura como de maior acurácia (Yamamoto et al., 2010; Papaspyridakos et al., 2011; Papaspyridakos et al., 2012), eliminando assim tendências de distorções causadas pela contração de polimerização da resina acrílica. Neste trabalho optamos por realizar a digitalização dos modelos obtidos pela técnica de moldagem convencional utilizando um escâner de bancada, por entendermos ser o processo que mais se aproxime da realidade clínica atual, onde o cirurgião dentista realiza a moldagem dentro do fluxo analógico convencional, envia o modelo de trabalho para o laboratório e este realiza a sua digitalização para o planejamento e a confecção da infraestrutura.

Na literatura, para casos de reabilitação de edêntulos totais por meio de implantes dentários, não encontramos trabalhos onde fossem utilizados os escâneres Primescan e Virtuo, e a contribuição deste trabalho se dá por ser o primeiro a utilizar esse conjunto de equipamentos.

Uma das dificuldades iniciais encontradas na captura de imagens pelo escaneamento digital foi o excesso de brilho promovido pelos parafusos de fixação

dos *scan bodies*. Para resolução deste problema, foi realizado o recobrimento destes parafusos com fita de politetrafluoretileno (PTFE)

O ATOS Compact Scan utilizado na digitalização do modelo mestre é um escâner industrial que apresenta uma precisão global média de até $3\mu\text{m}$, e de até $2\mu\text{m}$ para escaneamentos correspondentes ao tamanho de uma arcada (Dold et al., 2014; Renne et al., 2017; Medina-Sotomayor et al., 2018). Devido o seu alto grau de precisão, é muito utilizado na indústria automobilística e aeroespacial para mensurações, inspeções e avaliações de peças e componentes. Seu funcionamento se dá pelo princípio do escaneamento triplo por meio de duas câmeras e uma unidade de projeção. Durante a medição, padrões de franjas precisas são projetadas sobre a superfície do objeto e são captadas pelas duas câmeras e a unidade de projeção. Assim, pontos de superfície 3D de três interseções de raios diferentes podem ser calculados. O sistema da unidade de projeção desse escâner baseia-se na tecnologia de luz azul que permite uma medição altamente precisa mesmo em superfícies brilhantes e em componentes complexos, reduzindo o número de digitalizações individuais (Cerny et al., 2013). O arquivo gerado é então convertido para o formato de malhas poligonais pelo *software* de análise tridimensional (Cerny et al., 2013). Por sua vez, o software de análise tridimensional GOM Inspect Professional 2019 utilizado neste trabalho abrange características relacionadas à inspeção e ao processamento de malhas 3D. Na indústria ele é utilizado como software de inspeção, visualizador 3D, ferramenta de comunicação, conversor de CAD e apresenta papel fundamental no desenvolvimento de produtos, controle de qualidade e produção. Este programa é muito utilizado por empresas multinacionais como BMW, Bosch, Miele entre outras.

O tamanho da amostra de 10 escaneamentos para cada modelo de escâner foi determinado por meio do cálculo de tamanho de amostra com nível de confiança de 95% e uma margem de erro de 5%. Um total de 50 moldagens foram realizadas. Para muitos autores (Flügge et al., 2013; Papaspyridakos et al., 2016; Amin et al., 2017; Bilmenoglu et al., 2020) esse universo é suficiente para obter resultados estatísticos consistentes. Outros autores (Ender; Mehl, 2011; Chew et al., 2017; Miyoshi et al., 2020) acreditam que resultados clinicamente válidos podem ser obtidos com 5-10 repetições.

Os testes de equivalência são testes de hipótese nos quais as hipóteses são organizadas para analisar se dois conjuntos de dados independentes são equivalentes. Na análise da equivalência, temos como objetivo avaliar a similaridade entre os valores encontrados no modelo mestre pelo escâner padrão e os escâneres testados. Essa avalia se o intervalo de 95% de confiança da diferença das médias está contido em uma região de tolerância estabelecida, que para esse estudo, como citado anteriormente, foi de 0,1 mm (100 μ m). Nessa fase, para as medidas lineares, apenas os escâneres Primescan e o Trios apresentaram equivalência para todas as medidas estudadas em relação às medidas do modelo mestre. O escâner Virtuo, ainda nas medidas lineares, apresentou equivalência para todas as distâncias mensuradas (A-D; C-F; C-D; A-C e D-F) excetuando-se a medida A-F. A moldagem convencional, de maneira oposta, mostrou não equivalência de todas as medidas lineares, exceto a distância D-F, tendo esta sido classificada como questionável. O escâner iTero, por sua vez, não apresentou equivalência em todas das medidas lineares mensuradas. Para as medidas angulares, nenhum dos grupos estudados apresentou grau de equivalência entre os valores encontrados no modelo mestre, porém tanto para o método convencional quanto para o escâner Primescan a média dos erros são significativamente menores quando se mede o ângulo alfa (15°) em relação ao beta (20°), havendo indícios de que a angulação entre dois implantes pode desempenhar um papel preponderante nos resultados desses dois métodos, onde quanto maior o ângulo entre eles, maior o grau de discrepância, resultado de acordo ao encontrado por Chia et al. (2017). Já para os escâneres Trios, Virtuo e iTero a angulação entre dois implantes não parece desempenhar um papel preponderante nos resultados, achado que vai ao encontro aos obtidos por Papaspyridakos et al. (2016).

O assentamento passivo é um objetivo importante para qualquer prótese implantossuportada. Para isso, uma moldagem precisa e livre de distorção é crucial (Örtorp; Jemt, 2012; Mizumoto et al., 2020). Em termos gerais, a acurácia de um escâner se dá pela somatória de dois fatores: a precisão, qualidade de apresentar pouca variância (baixa dispersão) entre os valores obtidos por medições repetidas, e a veracidade, qualidade de apresentar a concordância da média dos valores medidos a um valor de referência. Na literatura, até o presente momento, o escâner Trios é o que apresenta o melhor grau de acurácia (Vandeweghe et al. 2017; Tan et al., 2019).

Para este trabalho, o escâner Primescan apresentou os melhores resultados referentes à acurácia, com resultados que cruzavam (valores positivos e negativos) de forma próxima à linha dos valores de referência (veracidade) e ao mesmo tempo com baixa dispersão (precisão), demonstrando assim o melhor grau de repetibilidade enquanto que o escâner iTero, apesar da baixa dispersão, ou seja, medições muito próximas entre si, apresentou um baixo grau de veracidade, onde os valores obtidos foram continuamente de ordem menor, ou seja, apresentando o encurtamento das distâncias medidas, resultados esses em consonância aos encontrados por Flügge et al. (2013). O escâner Trios apresentou um bom grau de precisão e de veracidade, porém menor que o escâner Primescan, apresentando uma tendência a valores mensurados negativos (menores) em relação ao de referência. Já o escâner Virtuo apresentou um grau de acurácia intermediário, apresentando um maior índice de dispersão (menor precisão) que o Primescan e Trios e de valores mais distantes ao de referência (menor veracidade) principalmente em medidas mais longas (A-F e C-F). Os piores resultados foram os encontrados no método convencional, que apresentou um maior grau de dispersão dos valores mensurados e mais distante dos valores de referência, mostrando assim ser o de menor acurácia. Esse fato pode ser atribuído ao maior número de variáveis dentro do processo, como a contração do gesso em sua cristalização, o posicionamento dos análogos nos transferentes, ou ainda ao próprio ato de remoção do molde do modelo mestre. Este resultado vai ao encontro aos achados por Amin et al. (2017), Alikhasi et al. (2018) e Menini et al. (2018) e diametralmente oposto aos valores encontrados por Chew et al. (2017), onde o método convencional apresentou os melhores resultados em relação aos dispositivos intra orais estudados.

Por se tratar de um estudo *in vitro*, este trabalho apresenta limitações, onde condições clínicas que poderiam prejudicar os resultados do processo de escaneamento não foram avaliadas, como presença de saliva, língua, bochecha, limitação de abertura de boca e movimentação do paciente. Em complemento, a utilização de um modelo mestre em gesso especial tipo IV apresenta fatores facilitadores no processo de escaneamento, tais como a ausência de brilho e ausência de compressibilidade variável dos tecidos, características estas presentes nos tecidos orais.

7 CONCLUSÕES

Dentro das condições experimentais deste estudo, podemos concluir que:

- A técnica digital apresenta resultados com melhores índices de acurácia quando comparada à técnica convencional;
- O escâner Primescan apresenta o maior grau de acurácia, seguido pelo TRIOS, Virtuo e iTero, respectivamente;
- O aumento da angulação dos implantes influencia negativamente a acurácia da moldagem convencional e do escâner Primescan, porém não exerce papel fundamental na acurácia dos escâneres Trios, Virtuo e iTero.

REFERÊNCIAS²

Abduo J, Elseyoufi M. Accuracy of intraoral scanners: a systematic review of influencing factors. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2018 Aug;26(3):101-21. doi: 10.1922/EJPRD_01752Abduo21.

Ahlholm P, Sipila K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital versus conventional impressions in fixed prosthodontics: a review. *J Prosthodont*. 2018 Jan;27(1):35-41. doi: 10.1111/jopr.12527.

Alikhasi M, Siadat H, Nasirpour A, Hasanzade M. Three-dimensional accuracy of digital impression versus conventional method: effect of implant angulation and connection type. *Int J Dent*. 2018 Jun;2018:3761750. doi: 10.1155/2018/3761750.

Almeida e Silva JS, Erdelt K, Edelhoff D, Araujo E, Stimmelmayer M, Vieira LCC, et al. Marginal and internal fit of four-unit zirconia fixed dental prostheses based on digital and conventional impression techniques. *Clin Oral Investig*. 2014;18(2):515-23. doi: <https://doi.org/10.1007/s00784-013-0987-2>.

Amin S, Weber HP, Finkelman M, El Rafie K, Kudara Y, Papaspyridakos P. Digital vs. conventional full-arch implant impressions: a comparative study. *Clin Oral Implants Res*. 2017 Nov;28(11):1360-7. doi: 10.1111/clr.12994.

Bilmenoglu C, Cilingir A, Geckili O, Bilhan H, Bilgin T. In vitro comparison of trueness of 10 intraoral scanners for implant-supported complete-arch fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent*. 2020 Dec;124(6):755-60. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.11.017.

Cerny J, Manas D, Holik Z, Ovsik M, Bednarik M, Mizera A, et al. Methods of design of ergonomics parts. *Int J Math Comput Simul*. 2013;7(1):17-24.

Chew AA, Esguerra RJ, Teoh KH, Wong KM, Ng SD, Tan KB. Three-dimensional accuracy of digital implant impressions: effects of different scanners and implant level. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017 Jan/Feb;32(1):70-80. doi: 10.11607/jomi.4942.

² De acordo com Estilo Vancouver.

Chia VA, Esguerra RJ, Teoh KH, Teo JW, Wong KM, Tan KB. In vitro three-dimensional accuracy of digital implant impressions: the effect of implant angulation. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017 Mar/Apr;32(2):313-21. doi: 10.11607/jomi.5087.

Chochlidakis K, Papaspyridakos P, Tsigarida A, Romeo D, Chen Y, Notto Z, et al. Digital versus conventional full-arch implant impressions: a prospective study on 16 edentulous maxillae. *J Prosthodont*. 2020 Apr;29(4):281-6. doi: 10.1111/jopr.13162.

Choi JY, Choi JH, Kim NK, Kim Y, Lee JK, Kim MK, et al. Analysis of errors in medical rapid prototyping models. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2002 Feb;31(1):23-32. doi: 10.1054/ijom.2000.0135.

Di Fiore A, Meneghello R, Graiff L, Savio G, Vigolo P, Monaco C, et al. Full arch digital scanning systems performances for implant-supported fixed dental prostheses: a comparative study of 8 intraoral scanners. *J Prosthodont Res*. 2019 Oct;63(4):396-403. doi: 10.1016/j.jpor.2019.04.002.

Dold P, Bone M, Flohr M. Validation of an optical system to measure acetabular shell deformation in cadavers. *J Eng Med*. 2014 Aug;228(8):781-6 doi: <https://doi.org/10.1177/0954411914546562>.

Ender A, Mehl A. Full arch scans: conventional versus digital impressions - an in-vitro study. *Int J Comput Dent*. 2011;14(1):11-21.

Flügge 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 Sep;144(3):471-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2013.04.017.

Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais de termos associados (VIM 2012). Duque de Caxias, RJ: Inmetro; 2012 [citado 10 jan. 2021]. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf.

Joda T, Bragger U. Patient-centered outcomes comparing digital and conventional implant impression procedures: a randomized crossover trial. *Clin Oral Implants Res*. 2016 Dec;27(12):e185-e189. doi: 10.1111/clr.12600.

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

Miyoshi K, Tanaka S, Yokoyama S, Sanda M, Baba K. Effects of different types of intraoral scanners and scanning ranges on the precision of digital implant impressions in edentulous maxilla: An in vitro study. *Clin Oral Implants Res.* 2020 Jan;31(1):74-83. doi: 10.1111/clr.13548.

Mizumoto RM, Alp G, Ozcan M, Yilmaz B. The effect of scanning the palate and scan body position on the accuracy of complete-arch implant scans. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019 Oct;21(5):987-94. doi: 10.1111/cid.12821.

Mizumoto RM, Yilmaz B, McGlumphy EA, Seidt J, Johnston WM. Accuracy of different digital scanning techniques and scan bodies for complete-arch implant-supported prostheses. *J Prosthet Dent* 2020 Jan;123(1):96-104. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.01.003.

Medina-Sotomayor P, Pascual-Moscardó A, Camps I. Accuracy of four digital scanners according to scanning strategy in complete-arch impressions. *PLoS One.* 2018 Sep 13;13(9):e0202916. doi: 10.1371/journal.pone.0202916. Erratum in: *PLoS One.* 2018 Dec 20;13(12):e0209883.

Menini M, Setti P, Pera F, Pera P, Pesce P. Accuracy of multi-unit implant impression: traditional techniques versus a digital procedure. *Clin Oral Investig.* 2018 Apr;22(3):1253-62. doi: 10.1007/s00784-017-2217-9.

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.

Örtorp A, Jemt T. CNC-milled titanium frameworks supported by implants in the edentulous jaw: a 10-year comparative clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012 Mar;14(1):88-99. doi: 10.1111/j.1708-8208.2009.00232.x.

Papaspyridakos P, Benic GI, Hogsett VL, White GS, Lal K, Gallucci GO. Accuracy of implant casts generated with splinted and non-splinted impression techniques for edentulous patients: an optical scanning study. *Clin Oral Implants Res.* 2012 Jun;23(6):676-81. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02219.x.

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 Apr;27(4):465-72. doi: 10.1111/clr.12567.

Papaspyridakos P, Lal K, White GS, Weber HP, Gallucci GO. Effect of splinted and nonsplinted impression techniques on the accuracy of fit of fixed implant prostheses in edentulous patients: a comparative study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2011 Nov-Dec;26(6):1267-72.

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

Sawase T, Kuroshima S. The current clinical relevancy of intraoral scanners in implant dentistry. *Dent Mater J*. 2020 Jan;39(1):57-61. doi: 10.4012/dmj.2019-285.

Svanborg P, Skjerven H, Carlsson P, Eliasson A, Karlsson S, Ortorp A. Marginal and internal fit of cobalt-chromium fixed dental prostheses generated from digital and conventional impressions. *Int J Dent*. 2014;2014:534382. doi: <https://doi.org/10.1155/2014/534382>.

Tan MY, Yee SHX, Wong KM, Tan YH, Tan KBC. Comparison of three-dimensional accuracy of digital and conventional implant impressions: effect of interimplant distance in an edentulous arch. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2019 Mar/Apr;34(2):366-80. doi: 10.11607/jomi.6855.

van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y. Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS One*. 2012;7(8):e43312. doi:10.1371/journal.pone.0043312

Vandeweghe S, Vervack V, Dierens M, De Bruyn H. Accuracy of digital impressions of multiple dental implants: an in vitro study. *Clin Oral Implants Res*. 2017 Jun;28(6):648-53. doi: 10.1111/clr.12853.

Wulfman C, Naveau A, Rignon-Bret C. Digital scanning for complete-arch implant-supported restorations: a systematic review. *J Prosthet Dent*. 2020 Aug;124(2):161-7. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.06.014.

Yamamoto E, Marotti J, de Campos TT, Neto PT. Accuracy of four transfer impression techniques for dental implants: a scanning electron microscopic analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2010 Nov-Dec;25(6):1115-24.

APÊNDICE A - Coeficientes de assimetria, de curtose e teste de Shapiro-Wilk para avaliação da aderência das variações de A – F à distribuição gaussiana

Método	Coeficientes		Teste de Shapiro-Wilk		Normalidade ($\alpha=0,05$)
	assimetria	curtose	estatística	valor-p	
Convencional	-0,30239	-1,32239	0,91473	0,31508	Não rejeitada
Prime	0,82622	0,40958	0,90494	0,24802	Não rejeitada
Trios	0,29854	-1,09218	0,92657	0,41504	Não rejeitada
Virtuo	0,47225	-1,67852	0,87114	0,12646	Não rejeitada
iTero	0,49267	1,10311	0,93694	0,51953	Não rejeitada

APÊNDICE B - Coeficientes de assimetria, de curtose e teste de Shapiro-Wilk para avaliação da aderência das variações de A – D à distribuição gaussiana

Método	Coeficientes		Teste de Shapiro-Wilk		Normalidade ($\alpha=0,05$)
	assimetria	curtose	estatística	valor-p	
Convencional	0,79991	-0,78144	0,84167	0,07836	Não rejeitada
Prime	0,53603	-0,94499	0,88065	0,13276	Não rejeitada
Trios	-0,22948	-0,81360	0,95172	0,68889	Não rejeitada
Virtuo	-0,21446	-0,90330	0,94116	0,56601	Não rejeitada
iTero	-0,76691	1,21515	0,93479	0,49661	Não rejeitada

APÊNDICE C - Coeficientes de assimetria, de curtose e teste de Shapiro-Wilk para avaliação da aderência das variações de C – F à distribuição gaussiana

Método	Coeficientes		Teste de Shapiro-Wilk		Normalidade ($\alpha=0,05$)
	assimetria	curtose	estatística	valor-p	
Convencional	0,68843	-0,34706	0,94152	0,57008	Não rejeitada
Prime	-0,40468	-1,08175	0,93096	0,45738	Não rejeitada
Trios	-0,34990	-1,54707	0,90401	0,24232	Não rejeitada
Virtuo	0,40580	0,02161	0,95813	0,77859	Não rejeitada
iTero	0,59230	-0,55720	0,93139	0,46166	Não rejeitada

APÊNDICE D - Coeficientes de assimetria, de curtose e teste de Shapiro-Wilk para avaliação da aderência das variações de C – D à distribuição gaussiana

Método	Coeficientes		Teste de Shapiro-Wilk		Normalidade ($\alpha=0,05$)
	assimetria	curtose	estatística	valor-p	
Convencional	-0,02428	-0,98566	0,90241	0,23282	Não rejeitada
Prime	-0,05030	-1,24909	0,90113	0,22545	Não rejeitada
Trios	0,95752	1,05212	0,91597	0,32453	Não rejeitada
Virtuo	0,31323	1,49589	0,95799	0,76271	Não rejeitada
iTero	-0,20943	-0,45651	0,91195	0,29462	Não rejeitada

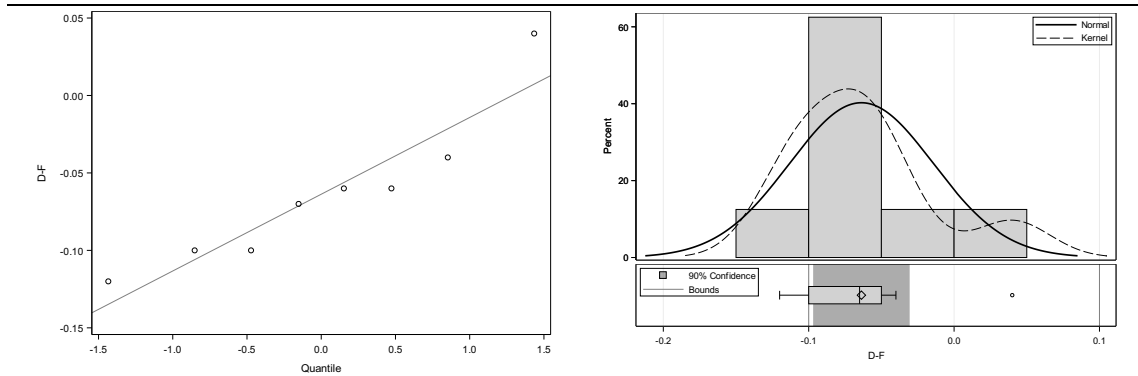
APÊNDICE E - Coeficientes de assimetria, de curtose e teste de Shapiro-Wilk para avaliação da aderência das variações de A – C à distribuição gaussiana

Método	Coeficientes		Teste de Shapiro-Wilk		Normalidade ($\alpha=0,05$)
	assimetria	curtose	estatística	valor-p	
Convencional	0,05993	-0,48420	0,97010	0,89173	Não rejeitada
Prime	-0,97702	1,14288	0,92479	0,39861	Não rejeitada
Trios	0,70871	-0,40855	0,87722	0,12121	Não rejeitada
Virtuo	0,80546	0,23697	0,87565	0,11628	Não rejeitada
iTero	-0,15141	0,87328	0,94246	0,58067	Não rejeitada

APÊNDICE F - Coeficientes de assimetria, de curtose e teste de Shapiro-Wilk para avaliação da aderência das variações de D – F à distribuição gaussiana

Método	Coeficientes		Teste de Shapiro-Wilk		Normalidade ($\alpha=0,05$)
	assimetria	curtose	estatística	valor-p	
Convencional	1,34134	2,47320	0,88535	0,21171	Não rejeitada
Prime	0,60895	1,20949	0,91338	0,30500	Não rejeitada
Trios	-0,77405	1,89991	0,93284	0,47636	Não rejeitada
Virtuo	0,14960	-0,63323	0,94513	0,61134	Não rejeitada
iTero	-0,24689	-0,76394	0,94496	0,60936	Não rejeitada

APÊNDICE G - Diagrama Quantil-Quantil (QQ *plot*) e histograma para avaliação da aderência dos dados da variação D – F à distribuição normal



APÊNDICE H - Coeficientes de assimetria, de curtose e teste de Shapiro-Wilk para avaliação da aderência das variações do ângulo alfa à distribuição gaussiana

Método	Coeficientes		Teste de Shapiro-Wilk		Normalidade ($\alpha=0,05$)
	assimetria	curtose	estatística	valor-p	
Convencional	0,37530	0,84967	0,96705	0,86223	Não rejeitada
Prime	-1,38128	2,51852	0,87116	0,10312	Não rejeitada
Trios	-0,04890	-1,08955	0,96644	0,85602	Não rejeitada
Virtuo	1,29265	1,75742	0,86539	0,08830	Não rejeitada
iTero	0,28780	-1,26335	0,94150	0,56977	Não rejeitada

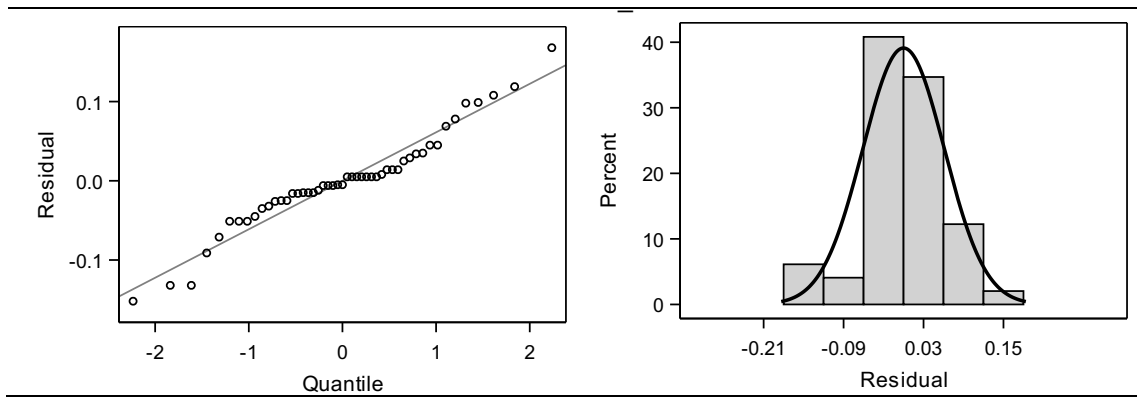
APÊNDICE I - Coeficientes de assimetria, de curtose e teste de Shapiro-Wilk para avaliação da aderência das variações do ângulo beta à distribuição gaussiana

Método	Coeficientes		Teste de Shapiro-Wilk		Normalidade ($\alpha=0,05$)
	assimetria	curtose	estatística	valor-p	
Convencional	-0,17590	-1,14296	0,95993	0,78508	Não rejeitada
Prime	2,66043	7,82029	0,63256	0,00014	Rejeitada
Trios	0,76728	0,05440	0,92528	0,40313	Não rejeitada
Virtuo	-1,69929	2,94244	0,79285	0,01692	Rejeitada
iTero	0,82955	1,48492	0,94934	0,66065	Não rejeitada

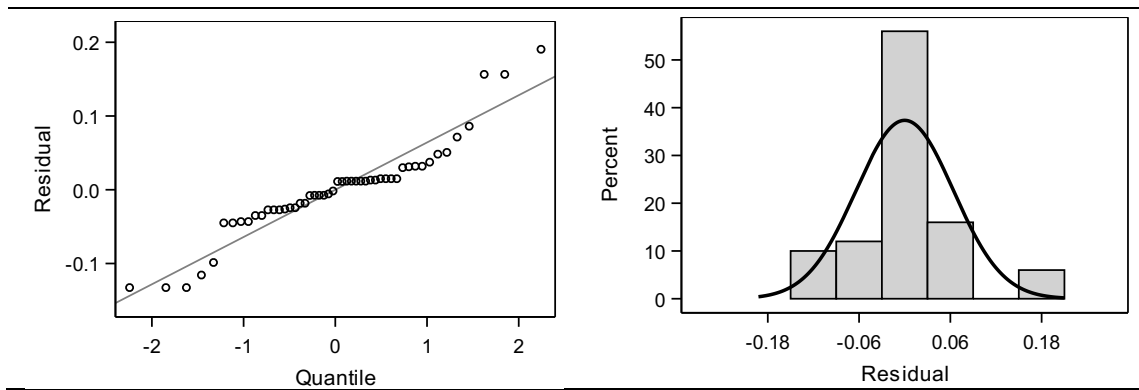
APÊNDICE J - Coeficientes de assimetria, de curtose e teste de Shapiro-Wilk para avaliação da aderência dos resíduos dos modelos de análise de variância à distribuição gaussiana

Variação	Coeficientes		Teste de Shapiro-Wilk		Normalidade ($\alpha=0,05$)
	assimetria	curtose	estatística	valor-p	
A - F	0,0796	1,2728	0,9515	0,0426	Não rejeitada
A - D	0,5168	-0,2371	0,9610	0,1108	Não rejeitada
C - F	-0,0681	0,5581	0,9819	0,6485	Não rejeitada
C - D	0,4814	2,0542	0,9081	0,0009	Rejeitada
A - C	0,7354	1,8843	0,9301	0,0056	Não rejeitada
D - F	0,5115	1,2735	0,9665	0,1840	Não rejeitada
Âng. alfa	0,5497	-,2545	0,9625	0,1131	Não rejeitada
Âng. beta	0,8176	1,6097	0,9494	0,0348	Não rejeitada

APÊNDICE K - Diagrama Quantil-Quantil (QQ *plot*) e histograma para avaliação da aderência dos dados da variação absoluta $|D - F|$ à distribuição normal



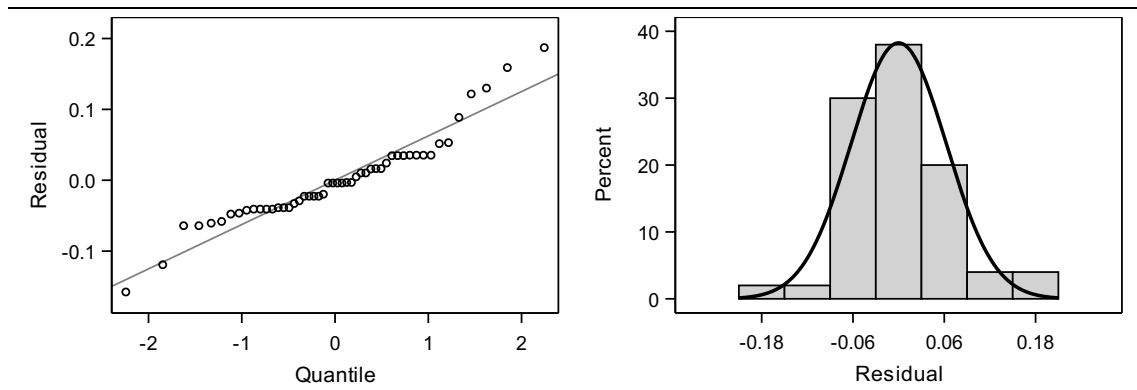
APÊNDICE L - Diagrama Quantil-Quantil (QQ *plot*) e histograma para avaliação da aderência dos dados da variação absoluta $|C - D|$ à distribuição normal



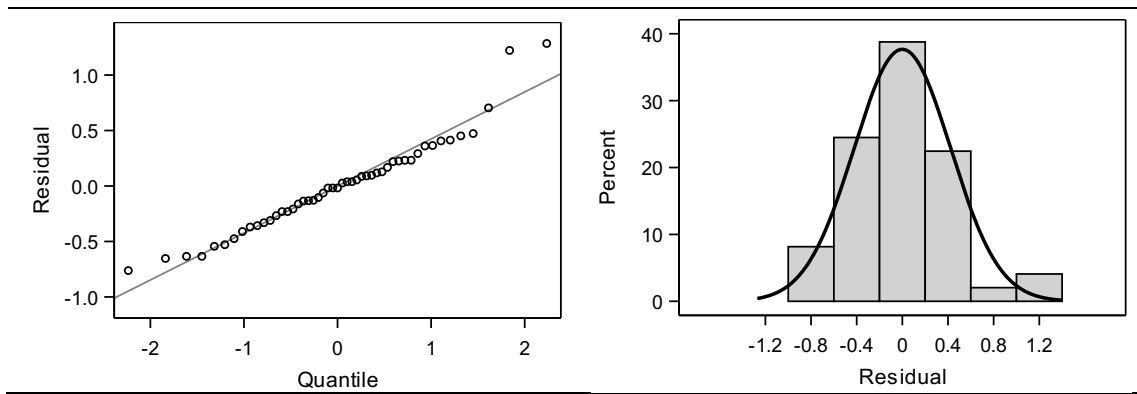
APÊNDICE M - Coeficientes de assimetria, de curtose e teste de Shapiro-Wilk para avaliação da aderência dos resíduos dos modelos de análise de variância baseado em postos à distribuição gaussiana

Variação	Coeficientes		Teste de Shapiro-Wilk		Normalidade ($\alpha=0,05$)
	assimetria	curtose	estatística	valor-p	
C - D	-0,1761	-0,0538	0,9647	0,1395	Não rejeitada

APÊNDICE N - Diagrama Quantil-Quantil (QQ *plot*) e histograma para avaliação da aderência dos dados da variação absoluta $|A - C|$ à distribuição normal



APÊNDICE O - Diagrama Quantil-Quantil (QQ *plot*) e histograma para avaliação da aderência dos dados da variação absoluta $|\hat{\text{ângulo}} \beta|$ à distribuição normal



APÊNDICE P - Análise de variância para as comparações de médias das variações obtidas nos métodos estudados

Variação	Graus de liberdade		Teste F		Distribuição adotada no modelo
	numerador	denominador	estatística	valor-p	
A - F	4	44	17,38	0,0001	Gaussiana
A - D	4	43	129,57	0,0001	Gaussiana
C - F	4	44	60,12	0,0001	Gaussiana
C - D	4	45	7,96	0,0001	ANOVA-R
A - C	4	45	37,37	0,0001	Gaussiana
D - F	4	43	91,27	0,0001	Lognormal
Âng. alfa	4	45	2,29	0,0747	Lognormal
Âng. beta	4	44	9,19	0,0001	Lognormal

APÊNDICE Q - Análise de variância para as comparações de médias das variações obtidas nos métodos estudados

Coeficientes		Teste de Shapiro-Wilk (H_0 :normal)	
Assimetria	Curtose	Estatística W	Valor-p
-0,3919	0,6475	0,9749	0,0555

APÊNDICE R - Diagrama Quantil-Quantil (QQ *plot*) e histograma para avaliação da aderência dos dados da variação absoluta |Erro Angular| à distribuição normal

