Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Centro de Ciências da Saúde

Faculdade de Odontologia

ACURÁCIA DA ANÁLISE DA DISCREPÂNCIA DE BOLTON PROPOSTA POR MÉTODO MANUAL E DIGITAL COM SOFTWARES ORTODÔNTICOS

Thalita Teixeira Santana
CD

Dissertação submetida ao corpo docente da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos, para a obtenção do Título de Mestre em Odontologia (Ortodontia).

Rio de Janeiro

2022

ACURÁCIA DA ANÁLISE DA DISCREPÂNCIA DE BOLTON PROPOSTA POR MÉTODO MANUAL E DIGITAL COM SOFTWARES ORTODÔNTICOS

THALITA TEIXEIRA SANTANA, CD

Orientadores: Prof. Dr. EDUARDO FRANZOTTI SANT'ANNA

Prof. Dr. LINCOLN ISSAMU NOJIMA

Dissertação submetida ao corpo docente da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos, para obtenção do Título de Mestre em Odontologia (Ortodontia).

Comissão Examinadora:

_____
Profª. Drª. Matilde da Cunha Gonçalves Nojima
CD, MO, DO

_____
Profª. Drª. Mônica Tirre de Souza Araújo
CD, MO, DO

_____
Profª. Drª. Liliane Siqueira de Morais
CD, MO, DO

Rio de Janeiro

2022

Ficha Catalográfica

SANTANA, Thalita Teixeira

Acurácia da análise da discrepância de Bolton proposta por método manual e digital com softwares ortodônticos. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2022.

xix, 58f.

Tese: Mestrado em Odontologia (Ortodontia) – Universidade do Brasil – UFRJ, Faculdade de Odontologia, 2022.

1. Diagnóstico **2. Impressão tridimensional**

3. Software **4. Teses**

I. Título

II. Dissertação (Mestrado - UFRJ/Faculdade de Odontologia)

Linha de Pesquisa do Programa de Pós-graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da UFRJ (Área de Concentração em Ortodontia): Fatores influentes e resultados dos tratamentos ortodônticos.

Projeto: Precisão no cálculo das diferenças de tamanhos dentários, proposto pelo software Clincheck dos alinhadores Invisalign usados no tratamento ortodôntico.

Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (CEP-HUCFF)

Comitê de Ética Nº Permissão: 5.202.503

CAAE: 51961821.0.0000.5257

DEDICO

Aos meus pais de coração, **Rita Cleia Nascimento Matos** e **Valmir de Almeida Matos**, por todo amor, cuidado e educação que me deram. Vocês não me deram a vida, mas sim as suas vidas para que eu me tornasse uma mulher gigante. Eu amo vocês incondicionalmente. Também dedico aos meus pais biológicos, **Joaquim Nascimento de Santana** e **Gerusa Teixeira dos Santos**, por se fazerem sempre presentes e me darem todo apoio para conquistar meus sonhos. Obrigada por tudo!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** por iluminar os caminhos que me fizeram chegar até aqui e a **Nossa Senhora Aparecida** por ter me protegido com seu manto e me fortalecido nos momentos mais difíceis dessa caminhada, especialmente por estar longe dos meus.

Agradeço à toda **minha família**, por acreditar no meu sonho e tornar possível a concretização desse. Aos meus **pais biológicos e de coração**, além de dedicar esse trabalho, fica aqui registrada minha infinita gratidão, por serem meu alicerce, terem me proporcionado a melhor educação possível, me ensinado grandes valores e pelo imensurável amor. Obrigada!

Ao meu **noivo Ítalo**, por ter vivido esse sonho comigo e ter me dado todo apoio necessário, enfrentando a ponte aérea Rio de Janeiro x Salvador mensalmente. Obrigada pelo amor incondicional e por sempre acreditar em mim, mesmo nos momentos de dificuldade, quando eu mesma duvidei. Essa conquista é nossa! Estendo os meus agradecimentos aos meus sogros, Hélio e Marcia, que muito nos apoiaram nesse momento.

Às minhas **irmãs, irmão, primos e tios**, que se fizeram presentes, mesmo à distância, por infinitas ligações de vídeo e mensagens, vibrando na realização desse sonho comigo. Agradeço especialmente a **Gracinha**, por ter me acolhido tantas vezes na sua casa aqui no Rio e me proporcionado experiências incríveis na cidade maravilhosa.

Agradeço aos meus amigos, especialmente as minhas amigas de infância **Jasmin, Géssica e Aruzza** e da graduação, **Lays, Natália e Brena** por terem torcido muito por mim, me apoiado e me fortalecido diversas vezes. Obrigada pela amizade e por todas as palavras de coragem.

Ao meu orientador, **Professor Dr. Eduardo Franzotti Sant'Anna**, pela confiança e orientação na execução dessa dissertação. Obrigada por ter me proporcionado o primeiro contato com a Ortodontia digital, por meio da impressão de modelos digitais.

Ao meu coorientador, **Professor Dr. Lincoln Issamu Nojima**, pelos ensinamentos clínicos e pela orientação sobre Ortodontia digital, contribuições extremamente valiosas para este trabalho.

Agradeço à **Professora Dra. Mônica Tirre de Souza Araújo**, Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Ortodontia, pela dedicação à docência e ao departamento. Estendo meus agradecimentos aos ensinamentos na sua clínica e nos encontros da disciplina de Cefalometria.

À **Professora Dra. Matilde da Cunha Gonçalves Nojima**, pelos ensinamentos e cuidados com seus alunos e pacientes. Obrigada, especialmente, pela orientação no fórum clínico do BBO-ABOR 2022. Foi um momento de grande aprendizado.

Ao **Professor Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas**, por ter me ensinado Ortodontia de forma brilhante, pela dedicação e atenção com seus alunos. Gratidão pela oportunidade de aprender com a grande referência que és.

Ao **Professor Luiz Felipe Cardoso de Araujo**, por toda paciência em nos ensinar sobre as tecnologias na Ortodontia e as vivências na Clínica. Aprendi muito com o senhor.

A todos os professores do Departamento de Ortodontia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, por terem contribuído para a minha formação profissional com ensinamentos técnicos de Ortodontia – **Dra. Amanda Cunha Regal de Castro, Dra. Ana Maria Bolognese, Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas, Dr. Eduardo Franzotti Sant'Anna, José Fernando Stangler Brazzalle, Dr. Lincoln Issamu Nojima, Dra. Luciana Rougemont Squeff, Luiz Felipe Cardoso de Araújo, Luiza Schubach, Dra. Margareth Maria Gomes de Souza, Dra. Matilde da Cunha Gonçalves Nojima e Dra. Mônica Tirre de Souza Araújo**. Grata pelos princípios e valores ensinados. Sou muito honrada por ter aprendido com grandes Mestres.

Aos professores das disciplinas conexas, **Dr. Alexandre Rezende Vieira, Dra. Andreia Cristina Breda de Souza, Dr. Bruno Santos de Barros Dias, Dr. Carlos Nelson Elias, Dr. David Normando, Dr. Elson Braga de Mello, Dr. Fábio Ribeiro Guedes, Dr. Jonatas Esteves Caldeira, Dra. Maria Augusta Visconti, Dra. Maria Cynésia Medeiros de Barros Torres, Dr. Mário Romañach, Dra. Michelle Agostini, Dr. Rafael Seabra Louro e Dr. Ramiro Beato Souza,** por contribuírem com ensinamentos fundamentais na minha formação.

Agradeço imensamente ao **Professor. Dr. Flávio de Mendonça Copello**, por toda ajuda na realização desse trabalho, desde a elaboração do projeto até o levantamento da amostra. Quero registrar que sua carreira docente é uma grande inspiração para mim.

Aos meus grandes amigos da 56ª turma, **Joberth Rainner Baliza de Paula, Líris Cristina Nepomuceno Pinto, Marcelly Dias Silva, Mariana Fernandes Meirelles Azevedo e Michelle da Silveira Guimarães,** que foram a minha família no Rio de Janeiro. Agradeço pelo convívio, risadas, apoio e cumplicidade que tornaram a nossa rotina mais leve e divertida. Passar por uma pandemia durante o mestrado foi

um grande desafio vencido com muita união e dedicação. Amo muito cada um de vocês e sentirei muitas saudades!

Aos meus veteranos da 55ª turma, **Ericles Otávio Santos, Letícia Iandeyara Dantas de Andrade Sant'Anna, Mariana Braz Herzog, Marina Viudes Bruder Câmara, Rafael Bittencourt e Sarah Braga Sayão de Paula**, por ter nos acolhido na nossa chegada e por toda orientação nas atividades.

Aos meus calouros da 57ª turma, **Fernanda Alves Mentes, Isabella Barbosa dos Santos Justino, Jéssica Duarte de Souza e Pedro Henrique Gama Fróes,** pela leveza do convívio, conversas diárias e tantos momentos de diversão.

Aos alunos de Doutorado, especialmente **Eduardo Otero Amaral Vargas e Guido Marañon Vasquez**, pelo exemplo e contribuição singular para realização desse trabalho.

Aos funcionários, **Edinaldo da Silva, Laís Paiva Monteiro, Paola Brandão e Mônica Mello do Nascimento Gonçalves**, pela disponibilidade e cuidado com nosso Departamento.

Aos **alunos da Disciplina de Ortodontia da Graduação** pela experiência singular em ensiná-los e pela troca tão valiosa. Igualmente, agradeço **aos meus pacientes do Departamento de Ortodontia**, que me confiaram seus tratamentos e me permitiram criar laços tão especiais.

Agradeço aos meus grandes Mestres da Universidade Federal da Bahia, **Dr. André Wilson Machado, Dr. Fernando Antônio Lima Habbib, Dr. Marcos Alan Vieira Bittencourt, Dra. Telma Martins de Araújo**, que me inspiraram na carreira docente e me incentivaram na realização do curso de Mestrado na UFRJ. Obrigada pelo exemplo e carinho que sempre tiveram comigo.

À **CAPES**, pela bolsa de estudos concedida, que possibilitou a continuação da minha formação acadêmica. “O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”

“This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES). Finance Code 001”

RESUMO

SANTANA, Thalita Teixeira. **Acurácia da análise da discrepância de Bolton proposta por método manual e digital com softwares ortodônticos**. Orientador: Dr. Eduardo Franzotti Sant'Anna e Lincoln Issamu Nojima. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2022. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Ortodontia) 58f.

O objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho diagnóstico da Análise da Discrepância de Bolton (DB) anterior e total proposta pelo programa ClinCheck®, bem como dos softwares ortodônticos Dolphin Imaging® e 3D Slicer, comparado com mensurações manuais realizados em modelos impressos tridimensionalmente. Cinquenta e cinco pares de modelos digitais da fase inicial de pacientes tratados com sistema Invisalign® (Align, San Jose, Califórnia, EUA) foram impressos tridimensionalmente por estereolitografia e usados para mensuração da DB por método manual, com paquímetro digital, por um operador previamente calibrado. Os valores da DB fornecidos pelo software de planejamento ClinCheck® foram tabulados e os arquivos da amostra em formato STL foram medidos utilizando os softwares Dolphin Imaging® e 3D Slicer. Para avaliar a confiabilidade das análises usadas como referência das comparações seguintes, o erro do método foi calculado utilizando vinte por cento da amostra, com intervalo de 2 semanas. A análise estatística foi executada

no software Jamovi (versão 2.0) e um nível de significância de 5% foi adotado. Os dados em milímetros foram avaliados pelo coeficiente de correlação intraclasse (ICC), fórmula de Dahlberg, teste t pareado e método de Bland-Altman. Os resultados indicaram que os três métodos evidenciaram medidas confiáveis (ICC ≥ 0,7), sendo a DB anterior ligeiramente mais confiável. No entanto, apenas as medidas da DB anterior realizadas pelo ClinCheck e Dolphin Imaging® foram acuradas (p>0,5, sem viés de proporção). Para o DB total, todos os programas pesquisados apresentaram diferença estatisticamente significativa em relação ao método manual (p<0.001), embora essas diferenças não tenham implicação clínica relevante. Conclui-se que as ferramentas disponíveis apresentam validade para aplicação no diagnóstico e planejamento ortodôntico no que diz respeito a DB, especialmente as medidas indicadas pelo ClinCheck® e Dolphin Imaging® para região anterior do arco.

SUMMARY

SANTANA, Thalita Teixeira. **Acurácia da análise da discrepância de Bolton proposta por método manual e digital com softwares ortodônticos.** Orientador: Dr. Eduardo Franzotti Sant'Anna e Lincoln Issamu Nojima. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2022. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Ortodontia) 58f.

This study aimed to evaluate the diagnostic performance of the analysis of anterior and overall Bolton Discrepancy (BD) proposed by the ClinCheck® program, as well as the orthodontic software Dolphin Imaging® and 3D Slicer, compared with manual measurements performed on three-dimensionally printed models. Fifty-five pairs of early-stage digital models of patients treated with the Invisalign® system (Align, San Jose, California, USA) were three-dimensionally printed by stereolithography and used to measure BD by manual method with a digital caliper by a previously calibrated operator. DB values provided by ClinCheck® planning software were tabulated and sample files in STL format were measured using Dolphin Imaging® and 3D Slicer software. To assess the reliability of the analyzes used as a reference for the following comparisons, the method error was calculated using twenty percent of the sample, with an interval of 2 weeks. Statistical analysis was performed using the Jamovi software (version 2.0) and a significance level of 5% was adopted. Data in millimeters were evaluated using the intraclass correlation coefficient (ICC), Dahlberg formula, paired t-

test, and the Bland-Altman method. The results indicated that the three methods showed reliable measurements (ICC ≥ 0.7), with the anterior BD slightly more reliable. However, only anterior BD measurements performed by ClinCheck® and Dolphin Imaging® were accurate ($p>0.5$, without proportion bias). For overall BD, all programs surveyed showed a statistically significant difference from the manual method ($p<0.001$), although these differences have no relevant clinical implications. The available tools studied are valid for application in the diagnosis and orthodontic planning concerning BD, especially the measures indicated by ClinCheck® and Dolphin Imaging® for the anterior region of the arch.

LISTA DE SIGLAS

BD	Bolton Discrepancy
CEP-HUCFF	Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho
DB	Discrepância de Bolton
DP	Desvio padrão
EPI	Equipamento de proteção individual
ICC	Coeficiente de Correlação Intraclasse
LCD	Liquid Crystal Display
STL	Estereolitografia
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
USB	Universal Serial Bus
Vs	Versus

LISTA DE FIGURAS

DELINEAMENTO DA PESQUISA

Página

Figura 1 Modelos preparados para impressão pelo software Meshmixer em vista frontal (A), lateral (B) evidenciando o bisel em 45º e superior (C) indicando formato de ferradura e preenchimento do modelo..... 11

Figura 2 Modelos posicionados na plataforma de impressão para gerar arquivo de fatiamento. Observa-se a disposição de 2 pares de modelos com 0º em relação à plataforma..... 12

Figura 3 Esquema de cilindros construídos para calibração da Impressora 3D Anycubic Photon Mono SE..... 13

Figura 4 Tanque com resina líquida (cor Skin) pronto para iniciar Procedimento de impressão..... 14

Figura 5 Procedimentos de lavagem e cura dos modelos impressos. Em (A) lavagem com álcool isopropílico e em (B) máquina para cura..... 15

Figura 6 Medição manual utilizando paquímetro digital em modelo impresso tridimensionalmente..... 16

Figura 7 Metodologia de cálculo da Discrepância de Bolton para região anterior do arco..... 18

Figura 8 Metodologia de cálculo da Discrepância de Bolton total do arco..... 19

Figura 9 Identificação dos valores correspondentes à Discrepância de Bolton do programa ClinCheck®..... 20

Figura 10 Marcação dos pontos para mensuração da Discrepância de Bolton no software Dolphin Imaging® 21

Figura 11 Representação das marcações de pontos realizadas no software 3D Slicer..... 22

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA – ARTIGO

Página

Figure 1 Behavior of measurements after calculating the anterior and overall BD by the three methods……... 45

Figure 2 Comparison between the mean differences found in the measurement of each of the software and the conventional method for anterior and overall BD…….…… 45

LISTA DE TABELAS

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - ARTIGO

Página

Table 1 Method error for the measurement of Bolton discrepancy in millimeters…… 46

Table 2 Reliability, precision, and accuracy of the methods to measure the Bolton discrepancy in millimeters……..... 47

ÍNDICE

Página

1 INTRODUÇÃO..... 1

2 PROPOSIÇÃO..... 6

3 DELINEAMENTO DA PESQUISA..... 7

3.1 COMITÊ DE ÉTICA E DISPENSA DO TCLE..... 7

3.2 CÁLCULO AMOSTRAL..... 8

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA..... 8

3.4 IMPRESSÃO DOS MODELOS DIGITAIS..... 10

3.4.1 Pré-impressão..... 10

3.4.1.1 Preparação e fatiamento dos modelos..... 10

3.4.1.2 Calibração e configuração da impressora 3D..... 12

3.4.2 Impressão dos modelos..... 14

3.4.3 Pós-impressão..... 15

3.5 CÁLCULO DA DISCREPÂNCIA DE BOLTON NOS MODELOS IMPRESSOS..... 16

3.5.1 Proporção anterior..... 17

3.5.2 Proporção total 18

3.6 OBTENÇÃO DA DISCREPÂNCIA DE BOLTON DO CLINCHECK. 19

3.7 DISCREPÂNCIA DE BOLTON REALIZADA POR ANÁLISES COMPUTADORIZADAS..... 20

3.7.1 Software Dolphin Imaging..... 20

3.7.2 Software 3D Slicer 22

3.8 ERRO DO MÉTODO..... 23

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA..... 23

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA..... 25

4.1 ARTIGO: SANTANA, T.T; COPELLO, F.M; VASQUEZ, G.M; NOJIMA, L.I; SANT'ANNA, E.F. Diagnostic performance of ClinCheck®, Dolphing Imaging®, and 3D Slicer software in Bolton Discrepancy analysis. Artigo a ser submetido no periódico The Angle Orthodontist..... 25

5 CONCLUSÃO..... 48

6 RECOMENDAÇÕES..... 49

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 50

8 ANEXOS..... 55

8.1 Anexo 1 – Parecer do comitê de ética em pesquisa..... 55

8.2 Anexo 2 - Justificativa para dispensa do termo de Consentimento livre e esclarecido (TCLE)..... 57

8.3 Anexo 3 - Termo de responsabilidade para utilização do banco de dados da clínica da disciplina de ortodontia da Faculdade de Odontologia da UFRJ..... 58

1 INTRODUÇÃO

A documentação ortodôntica fornece elementos fundamentais para o diagnóstico e planejamento que permitem alcançar correta oclusão e harmonia facial após a finalização do tratamento ortodôntico (HAN et al., 1991; PROFFIT et al., 2012; GRABER et al., 2017). Dentre os recursos de estudo que a compõem, tem-se os modelos dentários, objetos tridimensionais tradicionalmente confeccionados com gesso e, atualmente, obtidos por fluxo digital. Esses modelos permitem a identificação do formato das arcadas, das posições dentárias, simetrias, análise e quantificação da presença ou ausência de espaços, bem como proporções dentárias que permitam o alcance da correta oclusão (BELL et al., 2003; QUIMBY et al., 2004; HOU et al., 2006)

Dentre as análises realizadas nos modelos, destaca-se a avaliação da Discrepância de Bolton (DB). Desenvolvida e difundida por Wayne A. Bolton, em 1958, essa análise fornece parâmetros de proporção dentária no sentido mésio-distal dos dentes superiores e inferiores (BOLTON, 1958). A harmonia entre os arcos é imprescindível para obtenção de correta oclusão, incluindo overjet, overbite e adequada relação de molar e canino no sentido anteroposterior (BOLTON,1958; MULLEN et al., 2007).

De acordo com o autor, a proporção dentária total das arcadas superiores e inferiores possuem equivalência de 91,3% e valores maiores indicam excesso

no arco inferior, enquanto números mais baixos estariam relacionados a excesso de massa dentária superior. Quando avaliada apenas a região anterior, considerando caninos e incisivos, a proporção seria de 77,2%, com valores maiores indicando excesso inferior, enquanto valores menores indicam excedente de massa dentária superior (BOLTON, 1958; BOLTON,1962).

Proffit e colaboradores (2012) apontaram que um dos parâmetros para a obtenção da oclusão ideal é a correta proporção do tamanho dentário, de modo que dentes com discrepâncias importantes não atingirão uma boa oclusão. Afirmaram ainda que uma média de 5% da população apresenta alguma desproporção. Por isso, os autores definiram que diferenças superiores a 1,5 mm na proporção dentária deveriam ser consideradas no diagnóstico, influenciando na tomada de decisão ortodôntica.

Estudos indicaram associação entre DB e maloclusões, especialmente para pacientes Classe III, recomendando que essas discrepâncias devam ser identificadas e localizadas durante o diagnóstico do paciente, uma vez que influenciarão na estabilidade do caso após finalização ortodôntica, especialmente quando relacionados à região anterior do arco (WEDRYCHOWSKA-SZULC et al., 2010; MACHADO et al., 2020). Desse modo, a presença de excesso de massa dentária estaria relacionada à necessidade de desgastes interproximais dos dentes, enquanto dentes menores demandariam adição de materiais restauradores para correta intercuspidação (SANTORO et al., 2000; AKYALÇIN et al., 2006).

Além dos clássicos modelos de gesso, as inovações tecnológicas na Ortodontia possibilitaram a modernização dos meios de aquisição dos modelos dentários por meio dos escâneres intraorais, recursos que aumentaram a

satisfação do paciente durante a experiência no consultório odontológico e facilitaram o fluxo de trabalho para o profissional que, atualmente, dispõe de modelos digitais e modelos impressos tridimensionalmente (3D) (YUZBASIOGLU et al., 2014; BURZYNSKI et al., 2018; MANGANO et al., 2017).

No que diz respeito aos modelos ortodônticos impressos tridimensionalmente, esses são obtidos por prototipagem rápida através da manufatura aditiva e são descritos na literatura como adequados para diagnóstico e planejamento (ALY et al., 2020; ELAKANY et al., 2020). Em relação a DB, Suryajaya e colaboradores (2021) investigaram a precisão das medições lineares e afirmaram que esses modelos podem ser utilizados como referência dessa análise.

Paralelamente, os recursos de análises de modelos digitais também têm se modernizado, com cada vez mais softwares sendo estudados para obter informações importantes para o diagnóstico, a exemplo da DB. Para esta análise, os estudos apontam que os dados obtidos nesses recursos são precisos, sugerindo confiabilidade clinicamente aceitável tanto quanto nos tradicionais modelos de gesso considerados o método padrão ouro. (TOMASSETI et al., 2001; NALCACI et al., 2013; BRANDÃO et al., 2015; ARAGÓN et al., 2016; AMUK et al., 2019). Portanto, não haveriam diferenças estatisticamente significativas quando utilizadas análises computadorizadas da DB quando comparados aos métodos manuais convencionais, exceto no quesito tempo de análise (TOMASSETI et al., 2001).

Ao passo que as inovações tecnológicas surgiram nas etapas de diagnóstico e planejamento, novas técnicas de ortodontia corretiva foram sendo desenvolvidas como alternativa aos métodos tradicionais, a exemplo dos

alinhadores ortodônticos, sendo o Invisalign® (Align, San Jose, Califórnia, EUA) o mais utilizado (KUO et al., 2003; GRUNHEID et al., 2017; MORTON et al., 2017). Esse sistema, apresenta-se como recurso que atende à demanda estética e promove maior conforto e facilidade de higienização, mas compartilha dos princípios clássicos de diagnóstico e planejamento, como a avaliação do diâmetro mésio-distal dos dentes (KRAVITZ *et al*., 2009; WEIR et al., 2017; MORTON et al., 2017).

A sequência clínica para uso do Invisalign® inicia-se com a obtenção de modelos digitais das arcadas dentárias por meio do escaneamento intraoral e, através do programa Clincheck®, é possível a interação dinâmica entre o profissional e o sistema para realizar o planejamento virtual do tratamento. (FALTIN et al., 2003; KRIEGER et al., 2012; MORTON et al., 2017). Este software de última geração exibe as informações obtidas dos exames e modelos digitais após análises prévias feitas pelo sistema, incluindo a análise da DB (SHAILENDRAN et al., 2022)

Para os alinhadores, essa informação se faz importante, pois, por vezes, o planejamento do paciente pode se dar por meio de reduções interproximais para ganho de espaço que permita as movimentações dentárias previstas (JOHNER et al., 2013; KALEMAJ et al., 2021). Além disso, por se tratar de um sistema de encaixe, a correta medição dentária permite a confecção do alinhador de maneira ajustada aos dentes (SHAILENDRAN et al., 2022). Para tal, se faz imprescindível que as informações digitais sejam as mais precisas e fiéis à condição inicial do paciente como já demonstrada em alguns estudos (KRIEGER *et al*., 2012).

Tendo em vista a ampliação do fluxo digital na rotina ortodôntica, seja para tratamento por meio da técnica convencional, com bráquetes, ou com alinhadores, faz-se imprescindível que os dados indicados por softwares ortodônticos sejam confiáveis. Desse modo, considerando a ampla empregabilidade do sistema Invisalign® e a insuficiência de embasamento científico a respeito de seu software de planejamento, o Clincheck®, o presente estudo destina-se a investigar a acurácia de suas informações, bem como de outros programas, como Dolphin Imaging® e o 3D Slicer, validando a aplicabilidade clínica dos dados fornecidos.

2 PROPOSIÇÃO

O presente estudo tem como objetivo avaliar o desempenho diagnóstico da Análise da Discrepância de Bolton anterior e total dos seguintes softwares ortodônticos:

2.1. ClinCheck® do sistema Invisalign;

2.2 Dolphin Imaging®;

2.3 3D Slicer;

Tendo como referência a mensuração manual realizada nos modelos digitais das arcadas dentárias impressas tridimensionalmente.

3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O presente estudo caracteriza-se como retrospectivo, observacional e transversal, realizado nas clínicas de Ortodontia do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

3.1 COMITÊ DE ÉTICA E DISPENSA DO TCLE

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (CEP - HUCFF) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) sob número de parecer 5.202.503, tendo sido iniciado apenas após assentimento (Anexo 1). Foi solicitada e aprovada a isenção do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) por não se aplicar a pesquisa, uma vez que os participantes não foram abordados, recrutados, nem sofreram qualquer intervenção durante a execução do estudo, sendo as análises realizadas em fontes secundárias aos dados dos participantes (Anexo 2).

3.2 CÁLCULO AMOSTRAL

Cálculos para tamanho amostral *a priori* foram realizados usando dados de um estudo piloto (n = 10), seguindo duas abordagens: (1) cálculo para comparação da Discrepâncias de Bolton anterior e total em milímetros entre dois grupos usando o teste t pareado (avaliação convencional vs ClinCheck®) e (2) cálculo para comparação dos mesmos resultados entre três grupos por meio de ANOVA de medidas repetidas intra-grupos (ClinCheck® vs. Dolphin Imaging® vs. 3D Slicer). A estimativa que resultou no maior tamanho de amostra foi usada para o presente estudo (avaliação convencional vs. ClinCheck® para Bolton total; diferença média = -0,520 ± 1,265 mm). Os parâmetros estabelecidos para o cálculo foram os seguintes: tamanho do efeito dp = -0,411, α = 0,05 e poder = 0,8. A estimativa resultou em um total de 49 modelos, que foi arredondado para 55 considerando possíveis perdas durante o estudo. As estimativas do tamanho da amostra foram realizadas no software G*Power (versão 3.1.9.6).

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra foi composta de 55 indivíduos cuja faixa etária variou entre 18-60 anos, sem predileção por sexo. O estudo incluiu 55 pares (superior e inferior) de modelos ortodônticos com relação molar de Classe I, II, III de Angle, apinhamento inferior de até 6 mm, onde todos os dentes, dos incisivos centrais aos primeiros molares, estavam presentes nos quatro quadrantes. Os modelos digitais foram obtidos por escaneamento intrabucal das arcadas dentárias para

posterior tratamento ortodôntico com sistema Invisalign® (Align, San Jose, California, EUA).

Utilizou-se como critérios de exclusão, a digitalização incompleta das arcadas durante o processo de escaneamento intrabucal, bem como indivíduos portadores de malformações orofaciais relacionadas a síndromes, além de dentição com anomalias de formas e com presença de desgaste oclusal.

Para o escaneamento, foi realizado o posicionamento horizontal do paciente, limpeza de detritos das arcadas, secagem das superfícies dentárias livres e certificação da exposição das margens dos dentes. A varredura foi realizada utilizando o Scanner iTero Element® 2 (Align, San Jose, California, EUA), sendo iniciada pelo arco superior, seguida do inferior, de acordo com as instruções recomendadas pelo fabricante: primeiro as superfícies oclusais foram digitalizadas, varrendo de um molar terminal ao outro, seguindo para as faces linguais de um lado a outro, até rolar a câmera para a face vestibular dos dentes, onde o procedimento foi realizado da região de molar para região mediana de um lado e depois do outro, até que se concluiu com o escaneamento dos dentes anteriores.

Durante a execução do procedimento, o operador observou simultaneamente a formação da imagem pela tela do computador e os reparos na imagem foram realizados, quando necessários. Ao final obteve-se os modelos digitais exportados em formato de arquivo de linguagem de estereolitografia (STL).

3.4 IMPRESSÃO DOS MODELOS DIGITAIS

Os modelos digitais em formato STL foram impressos para mensuração da DB pelo método manual. O fluxo de trabalho, envolvendo a tecnologia de impressão tridimensional (3D), foi dividido em etapas de pré-impressão (preparação dos modelos e configuração da impressora 3D), impressão propriamente dita e tratamento pós-impressão dos 55 pares obtidos. Esses procedimentos são descritos a seguir.

3.4.1 Pré-impressão

3.4.1.1 Preparação e fatiamento dos modelos

Os modelos digitais em formato STL foram preparados para impressão utilizando o software Meshmixer (Autodesk, San Rafael, California, EUA) versão 3.5.474 (Figura 1A, B e C). As bordas dos modelos foram recortadas, de modo que as áreas de não interesse foram removidas, a exemplo de palato e tuberosidade, resultando em uma margem de aproximadamente 5 mm do contorno gengival mais alto e modelos com formato de ferradura. Além disso, os modelos foram fechados, sendo convertidos em modelos sólidos e um bisel de 45º foi realizado na porção distal, a fim de auxiliar na remoção desses da plataforma após impressão.

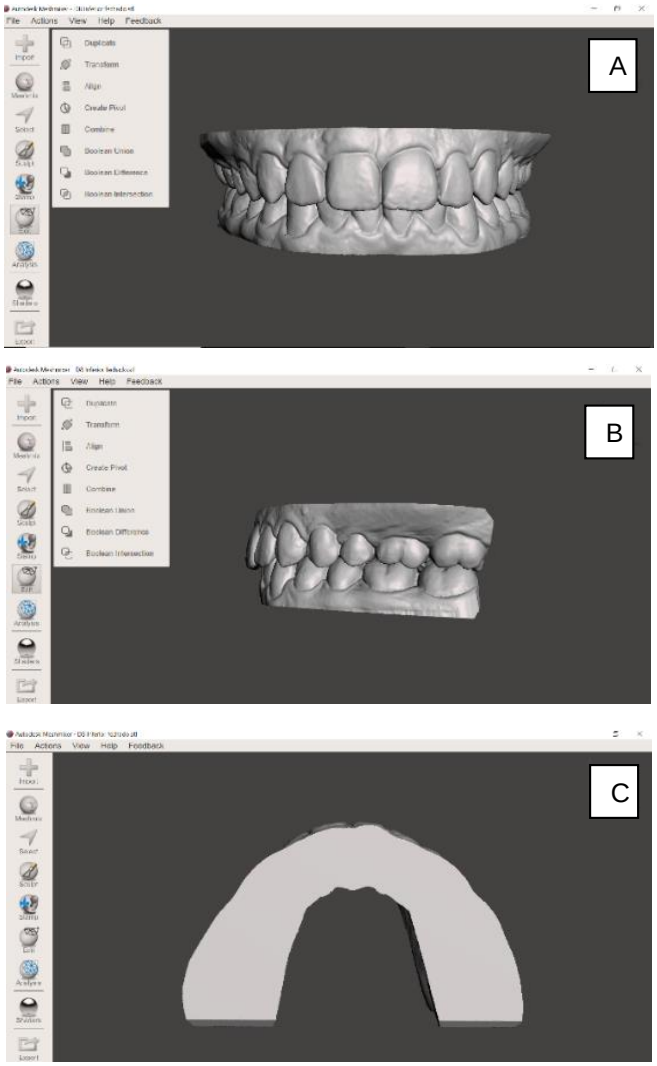


Figura 1: Modelos preparados para impressão pelo software Meshmixer em vista frontal (A), lateral (B) evidenciando o bisel em 45º e superior (C) indicando formato de ferradura e preenchimento do modelo.

Em seguida, os modelos foram inseridos e manipulados no software de fatiamento da Anycubic, o Photon Workshop V2.1.20. (Figura 2). Visando precisão dimensional e minimização de distorções, optou-se pela configuração de camadas de 50 µm de espessura (ZHANG et al., 2019) com orientação em 0º dos modelos em relação plataforma de impressão, pois segundo Ko e colaboradores (2021), essa disposição diminui o efeito de expansão na região terminal do arco. Considerando a dimensão da plataforma e a disposição

escolhida para os modelos, foi possível preparar 2 pares de modelo por ciclo de impressão.

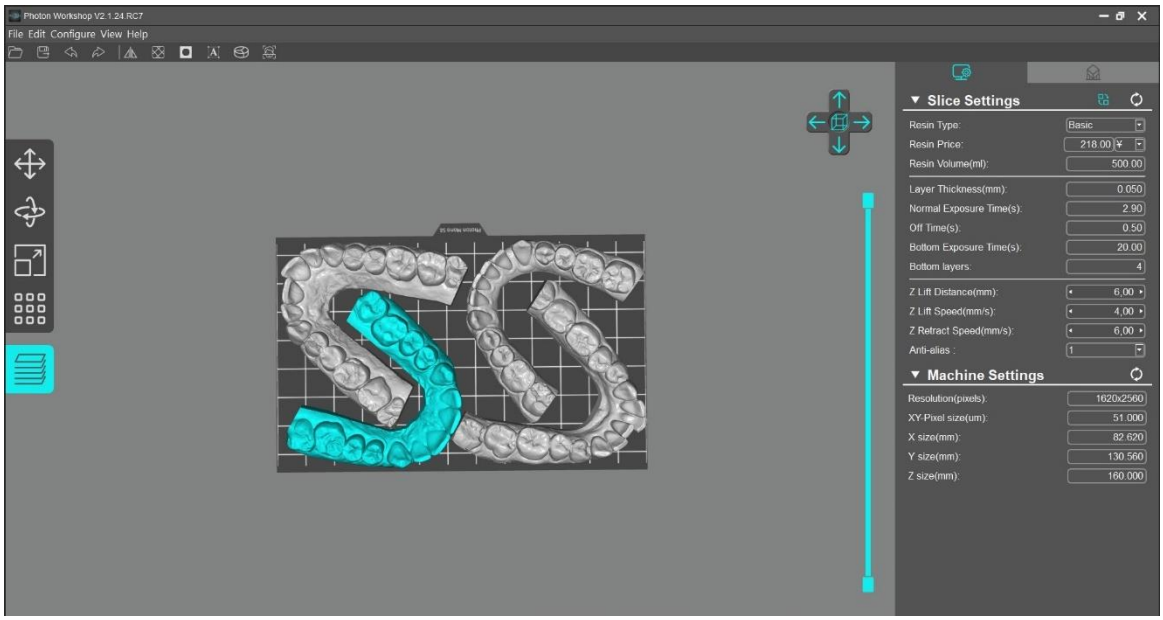


Figura 2: Modelos posicionados na plataforma de impressão para gerar arquivo de fatiamento. Observa-se a disposição de 2 pares de modelos com 0º em relação à plataforma.

O arquivo gerado do fatiamento foi salvo e transferido para unidade USB, para posterior conexão na impressora 3D, onde foi realizada impressão dos modelos.

3.4.1.2 Calibração e configuração da impressora 3D

Para este estudo, utilizou-se a impressora 3D Anycubic Photon Mono SE (Talmax, Curitiba, Paraná, Brasil). Trata-se de uma impressora estereolitográfica (SLA), cuja natureza aditiva das camadas para confecção dos modelos é realizada a partir de um feixe de laser que atinge a resina líquida fotossensível, curando pontos que se unem numa superfície. Esse processo ocorre camada

por camada, de modo que a plataforma se eleva na espessura de uma fatia até formar o modelo 3D final (ZHANG et al., 2019).

A fim de garantir a fidelidade e reprodutibilidade dos modelos impressos, a impressora foi calibrada previamente a cada processo de impressão. Para isso, no software Meshmixer, um cilindro maciço de 15 mm de raio da base e altura foi adicionado e duplicado na área de trabalho, de modo que um se sobrepusesse ao outro. O primeiro cilindro (C1) teve seu raio aumentado para 25 mm. O segundo cilindro (C2), que se encontrava internamente ao primeiro, teve sua altura aumentada para 30 mm. O segundo cilindro, então, foi duplicado, de forma a criar um terceiro cilindro (C3). C1 e C2 foram associados, de forma que parte do interior C1 ficasse oca (volume referente ao C2). Dessa forma, duas peças foram formadas: uma composta por C1-C2 e outra peça correspondente ao C3 (Figura 3). Após a impressão dessas duas peças, o encaixe entre elas garantia que a impressora havia sido calibrada corretamente.

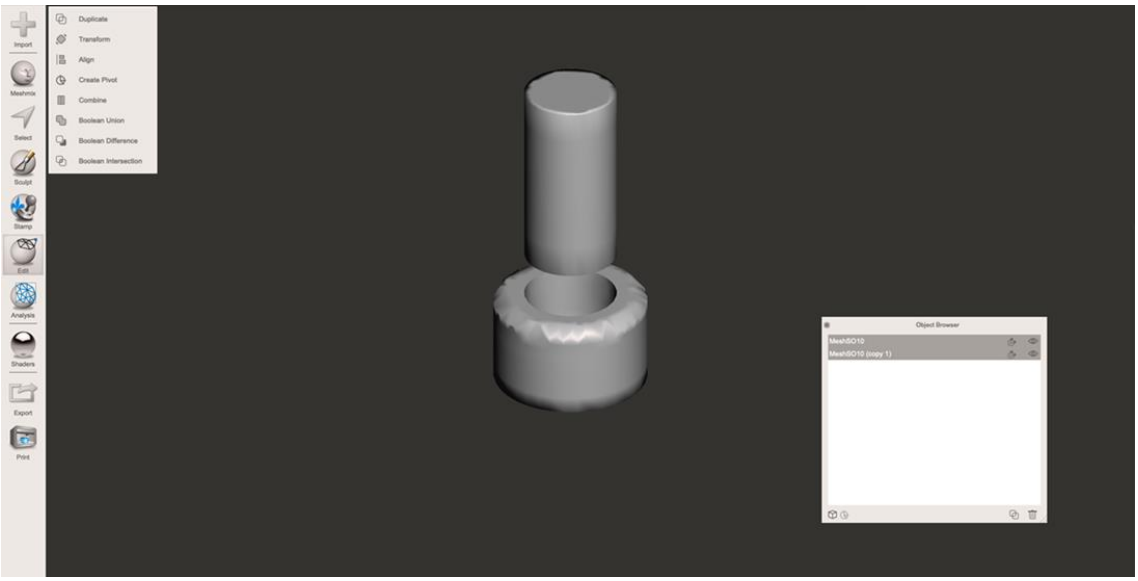


Figura 3: Esquema de cilindros construídos para calibração da impressora 3D Anycubic Photon Mono SE.

Além do procedimento de calibração e validação, foram realizados alinhamento e nivelamento da plataforma de impressão sobre a tela *Liquid Crystal Display* (LCD), de modo a garantir impressões ajustadas.

3.4.2 Impressão dos modelos

Após ajustes iniciais, a resina líquida 3D Printing UV Sensitive Resin, cor Skin (Anycubic, Hong Kong, Hong Kong, China) foi inserida no tanque pelo operador usando equipamentos de proteção individual (EPI's), como mostra a Figura 4. O *Universal Serial Bus* (USB) foi então plugado na impressora e a seleção dos arquivos realizada para iniciar o ciclo de impressão, que tinha duração aproximada de 50 minutos.

Figura 4: Tanque com resina líquida (cor Skin) pronto para iniciar procedimento de impressão.

3.4.3 Pós-impressão

Após término de cada ciclo de impressão, os modelos foram removidos da plataforma de construção e levados para etapa de lavagem e cura na máquina Anycubic 2.0 Wash & Cure (Talmax, Curitiba, Paraná, Brasil). A lavagem (Figura 5A) foi realizada por 2 minutos com álcool isopropílico (Implastec, Votorantim, São Paulo, Brasil) e a cura (Figura 5B) por 4 minutos, conforme as instruções do fabricante. Após procedimentos, o par de modelo foi então rotulado com código e armazenado para posterior mensuração.

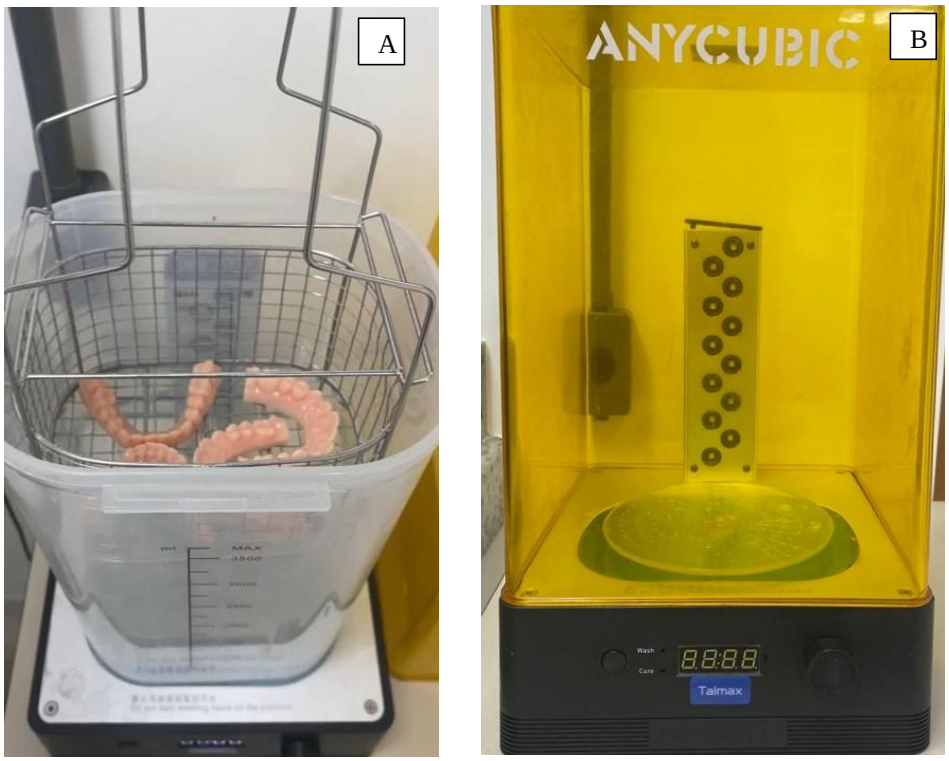


Figura 5: Procedimentos de lavagem e cura dos modelos impressos. Em (A) lavagem com álcool isopropílico e em (B) máquina para cura.

3.5 CÁLCULO DA DISCREPÂNCIA DE BOLTON NOS MODELOS IMPRESSOS

A mensuração manual da Discrepância de Bolton (DB) foi realizada por um operador previamente calibrado utilizando paquímetro digital (Mitutoyo, Suzano, São Paulo, Brasil), como indicado na Figura 6. Inicialmente foram obtidas as medidas do maior diâmetro mésio-distal das unidades dentárias, de incisivos centrais até os primeiros molares de todos os quadrantes, considerando como ponto de referência o equador dentário, ao nível do ponto de contato. As medidas seguiram a ordem dos quadrantes, sendo iniciadas no arco superior e posteriormente, no inferior.

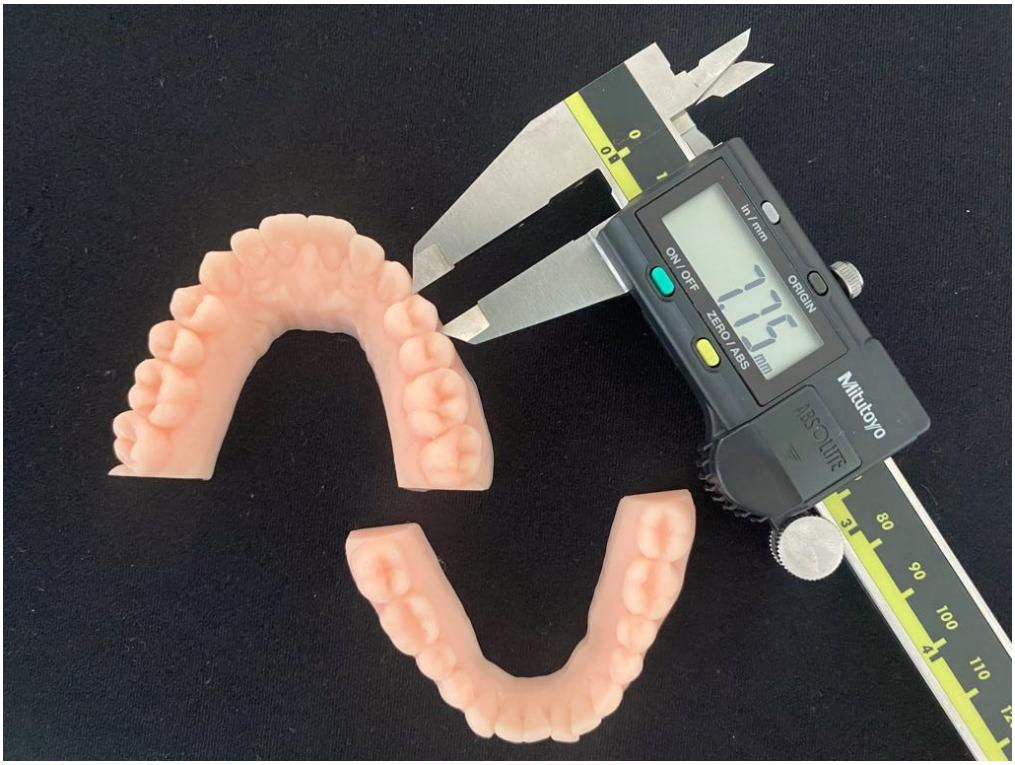


Figura 6: Medição manual utilizando paquímetro digital em modelo impresso tridimensionalmente.

Logo após, foi realizado o cálculo da DB, de modo a localizar e quantificar o excesso de volume dentário, considerando a região anterior (6 dentes) e o total (12 dentes).

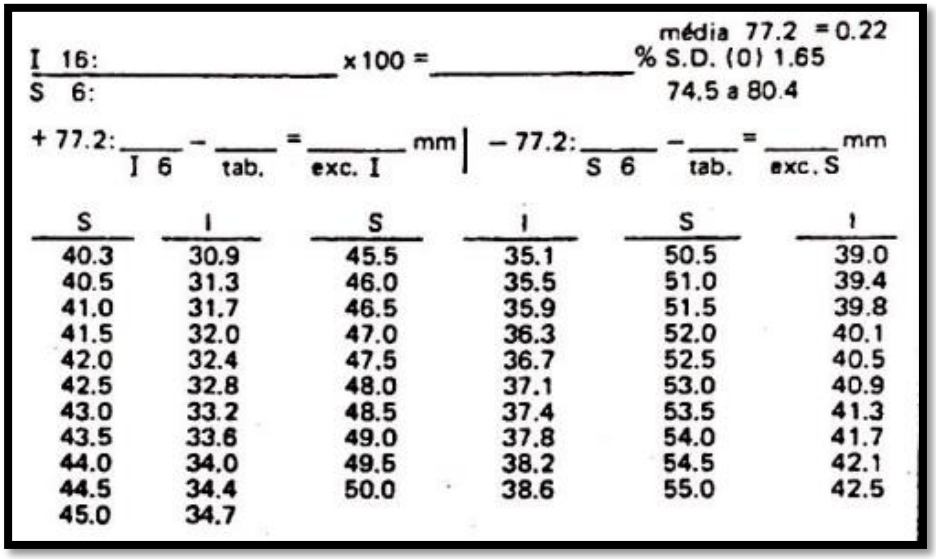
3.5.1 Proporção Anterior

Com auxílio de uma calculadora eletrônica (Elgin, Mogi das Cruzes, São Paulo, Brasil) foi realizado o somatório do diâmetro dos 6 dentes anterossuperiores e dos 6 dentes anteroinferiores, seguindo com a equação:

$$\frac{\text{Soma dos 6 inferiores}}{\text{Soma dos 6 superiores}} \text{X } 100 = \text{Relação Total}$$

Para Bolton (1958), o valor ideal de proporção dos dentes anteriores é 77,2%. Logo, para região anterior, valores maiores apontam que o excesso dentário se localiza no arco inferior, bem como valores menores indicam que o excesso está presente no arco superior.

Após localização da arcada que possuía o excesso dentário, utilizou-se a tabela desenvolvida pelo autor para quantifica-lo (Figura 7). Baseado no arco oposto, o valor que seria adequado para manter correta relação entre os arcos foi identificado e, a partir da subtração desses valores, a DB foi obtida e tabulada



média 77.2 = 0.22

I 16: _____ x 100 = _____ % S.D. (0) 1.65

S 6: 74.5 a 80.4

+ 77.2: ____ – ____ = _____ mm | – 77.2: ____ – ____ = _____ mm

I 6 tab. exc. I | S 6 tab. exc. S

S	I	S	I	S	I
40.3	30.9	45.5	35.1	50.5	39.0
40.5	31.3	46.0	35.5	51.0	39.4
41.0	31.7	46.5	35.9	51.5	39.8
41.5	32.0	47.0	36.3	52.0	40.1
42.0	32.4	47.5	36.7	52.5	40.5
42.5	32.8	48.0	37.1	53.0	40.9
43.0	33.2	48.5	37.4	53.5	41.3
43.5	33.6	49.0	37.8	54.0	41.7
44.0	34.0	49.5	38.2	54.5	42.1
44.5	34.4	50.0	38.6	55.0	42.5
45.0	34.7				

Figura 7: Metodologia de cálculo da Discrepância de Bolton para região anterior do arco.

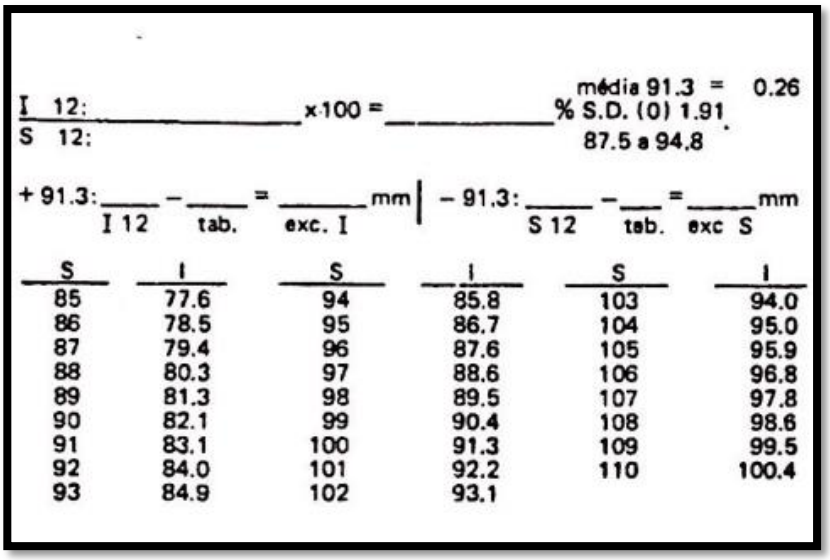
3.5.2 Proporção Total

Para avaliar a relação total, foi realizado o somatório do diâmetro dos 12 dentes superiores e 12 dentes inferiores e realizada a seguinte equação:

$$\frac{\text{Soma dos 12 anteroinferiores}}{\text{Soma dos 12 anterossuperiores}} \text{X } 100 = \text{Relação Anterior}$$

De acordo com Bolton (1958), o valor de referência da proporção geral dos dentes é 91,3%. Dessa forma, valores maiores indicam excesso dentário inferior, bem como valores menores apontam excesso dentário no arco superior.

De modo similar ao cálculo realizado para região anterior, a mesma metodologia para quantificação do excesso de massa dentária foi empregada para identificar a DB total (Figura 8). Os dados coletados foram tabulados para posterior análise comparativa com os outros métodos.



I 12: _____ x 100 = _____ média 91.3 = 0.26
S 12: % S.D. (0) 1.91
87.5 a 94.8

+ 91.3: ____ – ____ = _____ mm | – 91.3: ____ – ____ = _____ mm
I 12 tab. exc. I | S 12 tab. exc S

S	I	S	I	S	I
85	77.6	94	85.8	103	94.0
86	78.5	95	86.7	104	95.0
87	79.4	96	87.6	105	95.9
88	80.3	97	88.6	106	96.8
89	81.3	98	89.5	107	97.8
90	82.1	99	90.4	108	98.6
91	83.1	100	91.3	109	99.5
92	84.0	101	92.2	110	100.4
93	84.9	102	93.1		

Figura 8: Metodologia de cálculo da Discrepância de Bolton total do arco.

3.6 OBTENÇÃO DA DISCREPÂNCIA DE BOLTON DO CLINCHECK®

Como a amostra refere-se a indivíduos que foram tratados ortodonticamente com sistema Invisalign®, foi realizado acesso ao Clincheck® onde puderam ser obtidas as informações do tratamento simulado pelo software. Dentre as informações fornecidas, têm-se o diâmetro mesiodistal dos 12 dentes superiores e 12 inferiores e a DB indicada pelo próprio programa. Os valores identificados foram tabulados para fins comparativos no presente estudo (Figura 9). Vale ressaltar que não se tem conhecido como os valores são obtidos pelo programa.

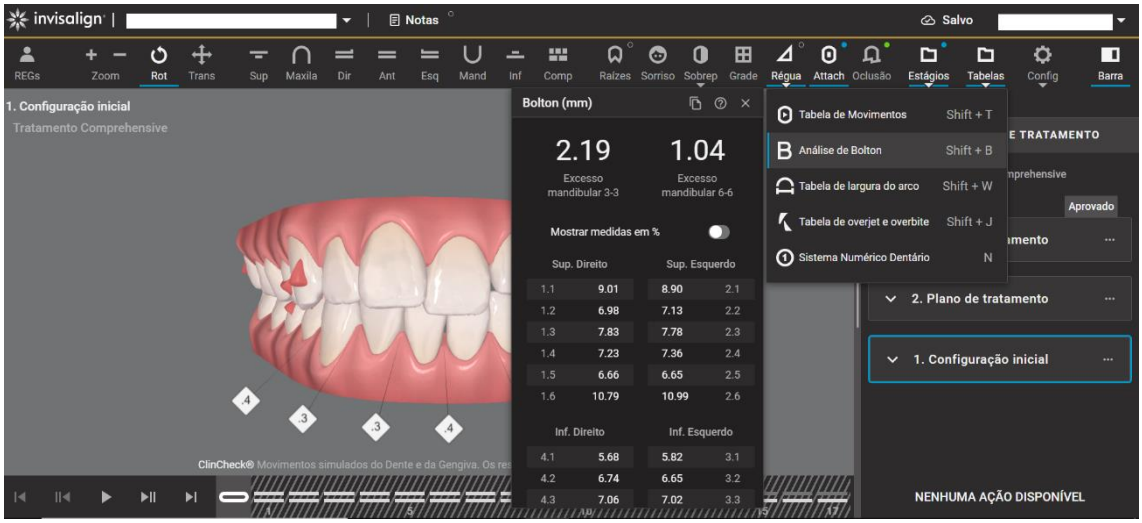


Figura 9: Identificação dos valores correspondentes à Discrepância de Bolton do programa ClinCheck®.

3.7 DISCREPÂNCIA DE BOLTON FEITA POR ANÁLISES COMPUTADORIZADAS

Dois softwares foram utilizados para realizar a análise da Discrepância de Bolton pelo método digital, sendo eles o Dolphin Imaging®, versão 11.95 premium e o 3D Slicer, versão 5.1.0. Os modelos digitais correspondentes à amostra da pesquisa em formato de arquivo STL foram exportados para cada um dos programas e a mesma metodologia de medidas, considerando o maior diâmetro mesio-distal dos 12 dentes superiores e inferiores, foi empregada em cada um deles, como descrito a seguir:

3.7.1 SOFTWARE DOLPHIN IMAGING ®

O Dolphin Imaging® é um provedor mundialmente utilizado na prática clínica de Cirurgiões e Ortodontistas para diagnóstico e planejamento, fazendo uso de imagens 2D e 3D (POWER et al., 2005). Apesar de ser um software pago,

a versão 11.95 Premium foi aqui escolhida pela sua ampla empregabilidade ortodôntica.

Para esse estudo, operou-se com a ferramenta de análise que utiliza imagem 2D dos modelos. Inicia-se com a marcação de pontos mesiais e distais de cada unidade dentária, do primeiro molar permanente de um hemi-arco até o seu homólogo, em ambas as arcadas (Figura 10). Em seguida, o próprio programa realiza o cálculo correspondente a análise da DB e indica os valores referentes a discrepância de proporção dentária, caso essa exista, seja na região anterior ou total do arco, além de localizar em qual hemi-arcada essa se encontra. De posse dessas informações, deu-se a tabulação dos dados.

Figura 10: Marcação dos pontos para mensuração da Discrepância de Bolton no software Dolphin Imaging®**.**

3.7.2 SOFTWARE 3D SLICER

O software 3D Slicer versão 5.1.0 refere-se a um programa gratuito, amplamente utilizado nas pesquisas médicas que possui código aberto (PIEPER et al., 2004), sendo escolhido neste estudo pelo seu fácil acesso e manipulação. Esse programa possui a extensão Orthodontics Analysis que permite a análise de modelos digitais.

Utilizando-se dessa ferramenta, foi realizada a marcação dos pontos interproximais dos dentes, considerando o maior diâmetro mesio-distal, independente do posicionamento dentário. A medição foi realizada partindo do incisivo central até o primeiro molar permanente de cada quadrante (Figura 11). Após as marcações, o próprio software realizou os cálculos correspondentes a análise da DB e indicou o valor correspondente ao excesso de massa dentária, bem como a localização dessa, tanto para proporção geral como para região anterior. Os valores obtidos foram então tabulados.

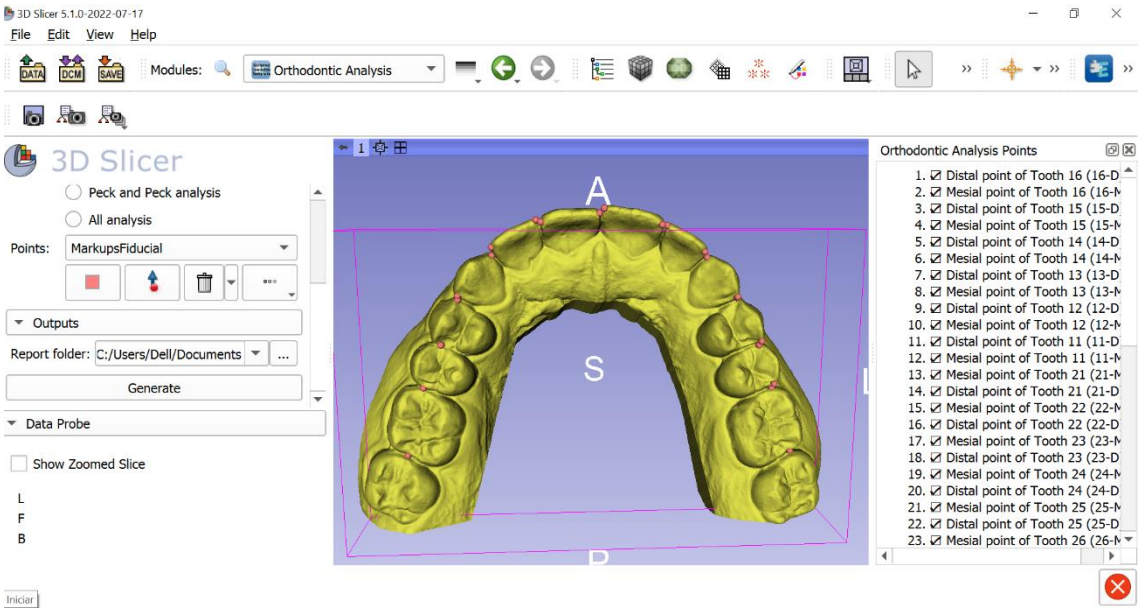


Figura 11: Representação das marcações de pontos realizadas no software 3D Slicer.

3.8 ERRO DO MÉTODO

A avaliação do erro do método foi realizada para as medidas manuais e dos softwares Dolphin Imaging® e 3D Slicer utilizando 20% da amostra, selecionada de modo aleatório. As medidas dos dentes e posterior cálculo das Discrepâncias de Bolton, anterior e total, foram realizadas nos modelos selecionados em dois momentos, com intervalo de tempo de pelo menos duas semanas, resultando no primeiro tempo (T1) e no segundo tempo (T2).

Para avaliar as medidas obtidas em milímetros, foram utilizados o coeficiente de correlação intraclasse (ICC) e o método de Bland-Altman (viés de proporção) para confiabilidade e acurácia, respectivamente.

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram organizados para realização das análises, sendo os valores absolutos da DB distribuídos em positivos, quando relacionados ao excesso superior e em negativos, quando o excesso estava presente no arco inferior.

Para avaliação da distribuição e normalidade dos dados quantitativos (milímetros) da Discrepância de Bolton anterior e total foram usados o teste de Shapiro-Wilk, histogramas e gráficos Q-Q.

O desempenho diagnóstico do ClinCheck® e dos softwares Dolphin Imaging® e 3D Slicer foram avaliados tendo como referência as mensurações das Discrepâncias de Bolton realizados pelo método convencional (padrão ouro)

nos modelos impressos. As análises foram executadas no software Jamovi (versão 2.0) e um nível de significância de 5% foi adotado.

Os dados, em milímetros, foram avaliados utilizando ICC para analisar reprodutibilidade, fórmula de Dahlberg para medir precisão (erro aleatório) e o teste t pareado e o método de Bland-Altman (viés de proporção) para verificar a acurácia dos métodos (erro sistemático).

Após comparação independente entre as diferenças nos valores de Discrepância, em milímetros, entre cada um dos métodos digitais (ClinCheck® e softwares Dolphin Imaging® e 3D Slicer) com avalição convencional, também foi realizada comparação entre essas diferenças usando ANOVA de medidas repetidas. As comparações pareadas foram avaliadas por meio do teste post hoc de Bonferroni.

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1 ARTIGO

SANTANA, T.T; COPELLO, F.M; MARAÑÓN-VÁSQUEZ, G.A; NOJIMA, L.I; SANT'ANNA, E.F. Diagnostic performance of ClinCheck®, Dolphing Imaging®, and 3D Slicer software for Bolton Discrepancy analysis. Artigo a ser submetido no periódico The Angle Orthodontist.

Diagnostic performance of ClinCheck®, Dolphing Imaging®, and 3D Slicer software for Bolton Discrepancy analysis.

Thalita Teixeira Santana[1], Flávio de Mendonça Copello[1,2], Guido Artemio Marañón-Vásquez[1], Lincoln Issamu Nojima[1], Eduardo Franzotti Sant'Anna[1].

[1]Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

[2] Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, School of Dentistry, University of Maryland Baltimore, USA

Corresponding Author: Eduardo Franzotti Sant'Anna

Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Av. Professor Rodolpho Paulo Rocco, 325 – Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ CEP 21941--590

Tel: (55 21) 2590--2727 Fax: (55 21) 2590--2771

Email: eduardo.franzotti@gmail.com

ABSTRACT

Objective: to evaluate the diagnostic performance of ClinCheck®, the orthodontic software Dolphin Imaging® and 3D Slicer on the analysis of Bolton Discrepancy. **Materials and methods:** 55 pairs of early-stage digital models of patients treated with the Invisalign system (Align Technology©, San Jose, California, USA) were printed using the Anycubic Photon Mono SE (Talmax©, Curitiba, Paraná, Brazil). The printer was previously calibrated and the models were obtained to measure the Bolton Discrepancy by manual method with a digital caliper, which is considered the “gold standard”. The discrepancy values calculated by ClinCheck® were obtained and tabulated. In addition, the sample files (STL format) were measured using Dolphin Imaging® and 3D Slicer softwares to obtain Bolton Discrepancy values. To assess the reliability, precision and accuracy of the methos, intraclass correlation coefficient test (ICC), Dahlberg's formula, paired t-test and Bland-Altman method were used respectively. Repeated measures ANOVA with Bonferroni`s post hoc test were used to access the difference between groups. **Results:** the three methods showed reliable measurements (ICC ≥ 0.7), with the values of anterior Bolton slightly bigger than overall Bolton. Similarly, the measurements for the anterior Bolton showed higher precision (Dahlberg’s formula 0.65, 0.70 e 0.55) than those for the overall Bolton. For anterior Bolton, only the measurements obtained by ClinCheck® and Dolphin Imaging® were accurate ($p>0.05$, no proportion bias), while for overall Bolton, all groups showed a significant difference. The Bland-Altman plots demonstrated no consistency for anterior Bolton measurements when 3D Slicer was used and for the overall Bolton for the three methods.

Conclusion: ClinCheck® and Dolphin Imaging® showed accuracy to quantify anterior Bolton Discrepancy, presenting themselves as reliable tools for diagnosis and orthodontic planning. For the overall Bolton measurements, the studied ClinCheck® showed a statistical difference from the manual assessment, although the values found do not show relevant clinical significance.

INTRODUCTION

The perception that having the teeth aligned with function and pleasant aesthetics increased the seek for orthodontic treatment,[1] also influenced by the choice of more comfortable and discreet appliances or orthodontic techniques. [2,3] Thus, treatment with clear aligners has become an alternative to traditional methods with orthodontic brackets. [4,5,6]

To produce Invisalign© clear aligners, there is a digital workflow, in which the interaction between Orthodontists and Align Technology© takes place through a virtual tool, the ClinCheck© software. [7,8] This platform displays virtual patient models with predictions of sequential treatment steps to be performed with the aligners. Therefore, many studies have been carried out in order to establish validity between predictability and the clinical results obtained after treatment completion, while the Invisalign© system becomes increasingly widespread among professionals. [9-12]

Among the information provided by ClinCheck©, the Bolton Discrepancy (BD) is displayed. This analysis identifies the proportions of tooth size between the upper and lower arches [13] and is directly related to the amount of interproximal reduction (IPR) or resin additions that are indicated to achieve ideal occlusion.[14,15] For clear aligners, the correct measurement of the mesio-distal teeth diameter is even more important because it provides the creation of adequate space to achieve the desired tooth movements,[16] as well as it is related to the correct indications of IPR to obtain space when necessary, [17,18] minimizing the iatrogenic effects in the treatment with clear aligners.

There is a lack of information on how the DB analysis is obtained through ClinCheck© tool. Therefore, the study of its precision and accuracy is important to certify the orthodontists of its reliability for clinical decisions.Thus, the aim of the present study was to evaluate the diagnostic performance of ClinCheck© tool, as well as the Dolphin Imaging® and 3D Slicer software to assess the Bolton discrepancy.

MATERIALS AND METHODS

The study was approved by the Research Ethics Committee of the Clementino Fraga Filho University Hospital (CEP-HUCFF) of the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ) under number 5.202.503.

Sample Selection

A *priori* sample size calculations were performed using data from a pilot study (n = 10), following two approaches: (1) calculation for comparison of anterior and overall Bolton discrepancies in millimeters between two groups using the paired t-test (conventional evaluation vs. ClinCheck©), and (2) calculation for comparison of the same outcomes among three groups utilizing within-subjects repeated measures ANOVA (ClinCheck© vs. Dolphin Imaging® vs. 3D Slicer). The estimation that resulted in a larger sample size was used for the present study (conventional evaluation vs. ClinCheck© for overall Bolton; mean difference = -0.520 ± 1.265 mm). The parameters established for the calculation were the following: effect size dz = -0.411, a = 0.05, and power = 0.8. The estimation resulted in a total of 49 models, rounded to 55, considering possible losses during

the study. Sample size estimates were performed with the software G*Power software (version 3.1.9.6).

The sample comprised 55 patients aged 18-60 years, with no sex predilection, who were treated with Invisalign© system. The selection was based on the following inclusion criteria: complete permanent dentition, Class I, II, or III molar relationship, and lower crowding of up to 6 mm. Cases that had teeth with anatomy anomalies, occlusal reduction, as well as individuals with other orofacial malformations were excluded. After selection, the dental arches were scanned using a iTero Element® 2 scanner (Align Technology©, San Jose, California, USA) and the digital models obtained were exported in stereolithographic language (STL) format.

The STL files in were prepared using the Meshmixer software (San Rafael, California, EUA) version 3.5.474. The digital models were printed with Anycubic Photon Mono SE 3D printer (Talmax©, Curitiba, Paraná, Brazil) and the Bolton Discrepancy analysis was performed on prototyped models.

Bolton discrepancy assessment

Initially, measurements of the mesiodistal diameter of the teeth were performed using a digital caliper (Mitutoyo©, Suzano, São Paulo, Brazil) on the three-dimensionally printed models by the same previously calibrated operator. Teeth were measured from the first molar on one side to the first molar on the opposite side, ensuring the twelve teeth of each dental arch were measured. Then, the Bolton Discrepancy analysis[13] was performed for the anterior region (considering incisors and canines: 6-6) and overall area (first molar to first molar:

12-12), in millimeters. The values found and the location of the excesses were tabulated.

For the ClinCheck© tool, the values and location referring to the Bolton Discrepancy were identified in the software and tabulated.

Finally, the Bolton discrepancy analisys was performed using the Orthodontic Softwares Dolphin Imaging® version 11.95 Premium and 3D Slicer version 5.1.0. For each software, the STL digital models were exported and the same Bolton measurement methodology was performed. Each software displayed the Bolton Discrepancy values and its location.

Method Error

Twenty percent of the sample was randomly selected to assess the method error. Teeth measurements and subsequent calculation of the anterior and overall Bolton discrepancies were performed on the selected models in two moments with an interval of at least two weeks. The intraclass correlation coefficient (ICC) and the Bland-Altman method (proportion bias) were used to assess the reliability and accuracy of measurements reported in millimeters. These evaluations were only possible for measurements using the conventional method and those performed in digital software Dolphin Imaging® and 3D Slicer.

Data Analysis

Since the amount of Bolton discrepancies is calculated as absolute values, maxillary and mandibular excess values were assigned as positive and negative, respectively, before starting the analyses. The distribution and normality of the

data on the anterior and overall Bolton discrepancies (in millimeters) were evaluated through the Shapiro-Wilk test, histograms, and Q-Q plots.

Bolton discrepancy diagnostic of the ClinCheck© tool, Dolphin Imaging® and 3D Slicer were evaluated. The ICC was used to assess the reliability, Dahlberg's formula to measure precision (random error), and the paired t-test and Bland-Altman method (proportion bias) to determine the accuracy of the methods (systematic error). Assessments of the Bolton discrepancies using the conventional method were used as reference (gold standard) for all the above evaluations.

Additionally, the differences in discrepancy values in millimeters between each digital method (ClinCheck©, and evaluations using software Dolphin Imaging® and 3D Slicer) and the conventional evaluation were independently calculated. Subsequently, these differences were compared using repeated measures ANOVA. Pairwise comparisons were assessed using Bonferroni's post hoc test.

All analyses were performed in Jamovi [Software] (version 2.0), adopting a significance level of 5%.

RESULTS

Method error

Measurements of the Bolton discrepancies in millimeters using the conventional method and the software Dolphin Imaging® and 3D Slicer were reliable and accurate (Table 1). The ICC for repeated measures of the anterior and overall Bolton ranged from 0.86 - 0.96 and 0.80 - 0.91, respectively. No

proportion bias was found in the Bolton discrepancy measures obtained for any of the methods.

Main Findings

The results on the reliability, precision, and accuracy of the measurements of Bolton discrepancy in millimeters are described in Table 2. The three methods showed reliable measurements (ICC ≥ 0.7), those obtained for the anterior Bolton were slightly more reliable than those obtained for the overall Bolton. Similarly, the measurements for the anterior Bolton showed higher precision when compared to the overall Bolton. Although the methods showed good ICC values (high correlation between assessments), only the measurements obtained for the anterior Bolton utilizing the ClinCheck© tool and Dolphin Imaging® were accurate (paired t-test P value > 0.05; no proportion bias). These methods had a precision of 0.65 mm and 0.70 mm, respectively. All the other measurements were inaccurate, evidencing proportion bias. The Bland-Altman plots showed that the measures for the anterior Bolton in 3D Slicer and for the overall Bolton using the three softwares were scattered all over the place, above zero, demonstrating no consistency with the measurements of the conventional method and tending either to: (1) decrease the excess in the mandibular arch, (2) increase the excess in the maxillary arch or, (3) in case of minor discrepancies, indicate that the excess is in the upper arch when it is really in the lower arch (Figure 1). When the mean differences between each of the tested methods and the conventional method were compared, no significant differences were observed for the anterior Bolton between the ClinCheck© tool and Dolphin Imaging® groups (P > 0.999), while the measurements using the software 3D Slicer did show differences with

both ($P < 0.01$; Figure 2). When the overall Bolton was analyzed, no significant difference was observed among the groups (Figure 2).

DISCUSSION

The success of the Invisalign© system happens when there is consistency between the occlusion results predicted by ClinCheck© tool and those obtained during the Orthodontic treatment.[9] Thus, some parameters of this tool have been studied, such as the predictability of overbite correction,[19, 20] transverse changes in the arch, [21,22] accuracy of measurements performed in the anterior region such as arch length, intercanine distance, overjet, overbite, dental midline shift [7] and accuracy of tooth movements indicated by this system.[12,23,24] However, there is a lack of information on the validity of the Bolton Discrepancy data indicated by this tool and, considering its importance to determine diagnosis and orthodontic planning, this present study is essential.

The reference for the present comparison was the measurements performed on the printed models using stereolithographic technology since the prototype models have presented similar precision and clinical application to plaster models. [25,26] The prototypes were printed with a layer thickness of 50 µm for accuracy.[27] The models were arranged at 0º with the printing platform, minimizing the expansion effect in the terminal region of the arch. [28]

The results indicated that although the measurements obtained were reliable, only the ClinCheck© tool and Dolphin Imaging® software showed accuracy for the Bolton Discrepancy measurements performed in the anterior region. We found in the literature two studies that investigated the diagnostic performance of Clincheck© tool compared to manual methods. [16, 29]

In the study by Shailendran and authors (2022), segmentation of teeth was performed to measure their mesio-distal diameter and Bolton assessment. The findings indicated that ClinCheck© tool tends to underestimate tooth width measurements by an average of 0.36 mm, while for molars, these values average 0.9 mm. As its accuracy decreases as the measurements advance towards the posterior region of the arch, there is a greater probability of underestimation in these areas, while more accurate values are found in the anteroinferior region, [16] a behavior that was also observed in this study.

The study by Martin and authors (2022), in turn, compared the values indicated by the ClinCheck software with the measurements performed on plaster models and found higher values provided by the software, with the largest measurement errors also in the molar region.[29] The measurement methodology was similar to that carried out in the present study, where the actual position of the teeth in the arch was considered, with crowding, inclinations and existing dental rotations, factors that despite generating increased difficulty in measuring Bolton Discrepancy,[30] represent the classic evaluations performed on plaster models, developed by the author of the analysis in 1958.[13]

Concerning Overall Bolton, ClinCheck© tool, Dolphin Imaging®, and 3D Slicer showed moderate reliability, but the values found had a statistically significant difference compared to the measurements performed on the printed models, evidencing that the measurements performed were not accurate. However, this variation was less than 1.5 mm, which according to Proffit (2012) has no clinical implications, once the changes in the mesiodistal diameter of the teeth, with additions or reductions of enamel, normally occur in the anterior region of the arch. [31]

Our findings were close to those of previous studies, which attested to a satisfactory agreement between the Bolton analysis for anterior and overall proportions when comparing measurements in three-dimensional models using software and plaster models. In these works, the digital models were obtained by digitalizing the plaster models and not with intraoral scanning, as performed in the present study.[32-35] Regarding ClinCheck© tool, the correlation found in the study by Shailendran (2022) was moderate, with an ICC of 0.83 for overall Bolton results, similar to that found in the present study.[16]

Some reasons may be discussed to explain why the reproducibility of Bolton overall measurements was not superior. The first concerns is that the acquisition of digital measures, which, although they are described as easier[36] and require less time compared to manual methods,[32,33] it can show divergence or imprecision in marking the reference points of the measurements, even when performed by the same operator, in a short time interval.[30,34] This limitation would be related to the three-dimensional nature of the models, viewed two-dimensionally,[36] making it difficult to identify points, axes, and planes by the software.[30,33,37] For Dolphin Imaging®, there is a loss of the three dimensions features since the software uses the static image of the dental arches in occlusal view to mark the points.

Another factor would be the difficulty of scanning to faithfully reproduce posterior teeth due to patient-related factors, such as salivation, or capturing the occlusal surface of molars and the interproximal surfaces of posterior teeth. [38] In these cases, the software fills in such regions through a mathematical algorithm, leading to changes in the teeth shape that generate measurement inaccuracies.[8]

More extended scanned areas are indicated to have greater precision of the captured surfaces to minimize this difficulty.

Finally, the difficulty of taking measurements in the posterior region of the arch may also be discussed. Studies comparing sizes in digital versus conventional models indicated that despite reproducibility, digital models tended to decrease the intermolar width and increase the palatal depth.[30] This systematic error in the reproduction of the molar surface was also described by Zilberman et al.[37] For ClinCheck© tool, studies have indicated that the software overestimates the alignment and posterior occlusal relationships obtained after treatment. [9] These data alert us to the need for other studies regarding the dental information provided by ClinCheck© tool, especially regarding the posterior region of the arch.

Considering the clinical routine, the evidence of the accuracy of the Anterior Bolton values indicated by ClinCheck© tool and Dolphin Imaging® support a safer orthodontic practice since interventions in this region are more frequent, either by interproximal reductions in cases of excess, addition of resin or atypical shape of the teeth to achieve correct occlusion. However, in the posterior region, the interproximal reductions are not often indicated because it may increase the chances of food impaction and caries risk, except for changes in the teeth shape. It is recommended caution with the assessment and interpretationof Bolton Discrepancy data obtained through orthodontic software.

It is known that despite the advantages and information presented by digital models, which are routinely substitutes for plaster models, the clinical parameters will always be gold standards in the diagnosis to be used in planning, avoiding iatrogenic events in Orthodontic treatment.

CONCLUSIONS

- ClinCheck© tool and Dolphin Imaging® presented precision and accuracy in the Anterior Bolton Discrepancy analysis measurements, demonstrating validity to be used in the Orthodontic diagnosis.

- When Overall Bolton was analyzed, ClinCheck© tool, Dolphin Imaging® and 3D Slicer tended to change the absolute values, decreasing the excess in the lower arch, increasing it in the upper, or changing its location, when they presented small values. However, the variations shown do not have relevant clinical implications.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was financed in part by the agency: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) Financing Code 001

REFERENCES

1. Prabakaran, R., Seymour, S., Moles, D. R., & Cunningham, S. J. Motivation for orthodontic treatment investigated with Q-methodology: patients' and parents' perspectives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012; *142*: 213-220.

2. Rosvall, M. D., Fields, H. W., Ziuchkovski, J., Rosenstiel, S. F., & Johnston, W. M. Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009; *135*: 276-e1.

3. Weir, T. Clear aligners in orthodontic treatment. *Aust Dent J*. 2017; 62: 58-62.

4. Kuo, E., & Miller, R. J.Automated custom-manufacturing technology in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003; *123*: 578-581.

5. Kravitz, N. D., Kusnoto, B., BeGole, E., Obrez, A., & Agran, B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009; *135*: 27-35.

6. Grünheid T, Loh C, Larson BE. How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are predicted tooth positions achieved? *Angle Orthod*. 2017; 87: 809–15.

7. Krieger E, Seiferth J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, Wehrbein H. InvisalignH treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved? *J Orofac Orthop*. 2012; 73:365–376.

8. Morton J, Derakhshan M, Kaza S, Li C. Design of the Invisalign system performance. *Semin Orthod*. 2017; 23:3-11.

9. Buschang, P. H., Ross, M., Shaw, S. G., Crosby, D., & Campbell, P. M. Predicted and actual end-of-treatment occlusion produced with aligner therapy. *Angle Orthod*. 2015; *85*: 723-727.

10. Solano-Mendoza, B., Sonnemberg, B., Solano-Reina, E., & Iglesias-Linares, A. How effective is the Invisalign® system in expansion movement with Ex30′ aligners? *Clin Oral Invest*. 2016; 21:1475-1484.

11. Haouili, N., Kravitz, N. D., Vaid, N. R., Ferguson, D. J., & Makki, L. Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2020; *158*: 420-425.

12. Lione, R., Paoloni, V., Bartolommei, L., Gazzani, F., Meuli, S., Pavoni, C., & Cozza, P. Maxillary arch development with Invisalign system: Analysis of expansion dental movements on digital dental casts. *Angle Orthod*. 2021; 91: 433-440.

13. Bolton, W. A. Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion. *Angle Orthod*. 1958; *28*: 113-130.

14. Santoro M, Ayoub ME, Pardi VA, Cangialosi TJ. Mesiodistal crown dimensions and tooth size discrepancy of the permanent dentition of Dominican Americans. *Angle Orthod.* 2000;70: 303-7

15. Akyalçin, Sercan et al. Bolton tooth size discrepancies in skeletal Class I individuals presenting with different dental angle classifications. *Angle Orthod*. 2006; 76: 637-643.

16. Shailendran, A., Weir, T., Freer, E., & Kerr, B. Accuracy and reliability of tooth widths and Bolton ratios measured by ClinCheck Pro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2022; *161*: 65-73.

17. Johner AM, Pandis N, Dudic A, Kiliaridis S. Quantitative comparison of 3 enamel-stripping devices in vitro: how precisely can we strip teeth? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;143:168–72.

18. Kalemaj, Z., & Levrini, L. Quantitative evaluation of implemented interproximal enamel reduction during aligner therapy: A prospective observational study. *Angle Orthod*. 2021; *91*: 61-66.

19. Krieger, E., Seiferth, J., Saric, I., Jung, B. A., & Wehrbein, H. Accuracy of invisalign® treatments in the anterior tooth region. *J Orofac Ortho.* 2011; 72:141-149.

20. Blundell, H. L., Weir, T., Kerr, B., & Freer, E. Predictability of overbite control with the Invisalign appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2021; *160*: 725-731.

21. Houle, J. P., Piedade, L., Todescan Jr, R., & Pinheiro, F. H. L. The predictability of transverse changes with Invisalign. *Angle Orthod*. 2017;*87*: 19-24.

22. Riede, U., Wai, S., Neururer, S., Reistenhofer, B., Riede, G., Besser, K., & Crismani, A. Maxillary expansion or contraction and occlusal contact adjustment: effectiveness of current aligner treatment. *Clin Oral Invest*. 2021; *25*: 4671-4679.

23. Charalampakis, O., Iliadi, A., Ueno, H., Oliver, D. R., & Kim, K. B. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2018; 154*: 47-54.

24. Papadimitriou, A., Mousoulea, S., Gkantidis, N., & Kloukos, D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Prog Orthod*. 2018; *19*: 1-24.

25. Aly, P., Mohsen, C. Comparison of the accuracy of three-dimensional printed casts, digital, and conventional casts: An in vitro study. *Eur J Dent*. 2020; *14*: 189-193.

26. Ellakany, P., Alharbi, F., El Tantawi, M., & Mohsen, C. Evaluation of the accuracy of digital and 3D-printed casts compared with conventional stone casts. *J Prosthet Dent*. 2020; 1-7.

27. Zhang, Z. C., Li, P. L., Chu, F. T., & Shen, G. Influence of the three-dimensional printing technique and printing layer thickness on model accuracy. *J Orofac Orthop.* 2019; *80* : 194-204.

28. Ko, J., Bloomstein, R. D., Briss, D., Holland, J. N., Morsy, H. M., Kasper, F. K., & Huang, W. Effect of build angle and layer height on the accuracy of 3-dimensional printed dental models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2021; 160: 451-458.

29. Martin, M. A., Lipani, E., Martinez, L. B., Lorenzo, A. A., Aiuto, R., & Garcovich, D. Reliability of Tooth Width Measurements Delivered by the Clin-Check Pro 6.0 Software on Digital Casts: A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; *19*, 3581.

30. Sousa, M. V. S., Vasconcelos, E. C., Janson, G., Garib, D., & Pinzan, A. Accuracy and reproducibility of 3-dimensional digital model measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012; *142*: 269-273.

31. Proffit W.R., Fields H.W., Sarver D.M. Ortodontia Contemporânea. 5° Edição ed. 2012.

32. Tomassetti, J. J., Taloumis, I. J., Denny, J. M., *et al.* A Comparison of 3 Computerized Bolton Tooth-Size Analyses with a Commonly Used Method. *Angle Orthod.* 2001; 71: 351–357

33. Mullen, S. Russell et al. Accuracy of space analysis with emodels and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;132: 346-352.

34. Brandão, M. M., Sobral, M. C., Vogel, C. J. Reliability of Bolton analysis evaluation in tridimensional virtual models. *Dental Press J Orthod*. 2015; 20: 72–77.

35. Amuk, N. G., Karsli, E., Kurt, G. Comparison of dental measurements between conventional plaster models, digital models obtained by impression scanning and plaster model scanning. *Int Orthod*. 2019; 17: 151-158.

36. Abizadeh, N., Moles, D. R., O'Neill, J., & Noar, J. H. Digital versus plaster study models: how accurate and reproducible are they? *J Orthod*. 2012; *39*:151-159.

37. Zilberman, O., Huggare, J., & Parikakis, K. A. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod*. 2003; *73*: 301-306.

38. Flügge, T. V., Schlager, S., Nelson, K., Nahles, S., & Metzger, M. C. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013; 144: 471-478.

TABLE LEGENDS

Table 1. Method error for the measurement of Bolton discrepancy in millimeters

Method	Estimates	Anterior Bolton	Overall Bolton
Conventional Evaluation	ICC	0.88	0.82
	BA bias - Est (95% CI)	0.25 (-0.23, 0.72)	0.07 (-0.54, 0.68)
Dolphin Imaging®	ICC	0.96	0.91
	BA bias - Est (95% CI)	0.20 (-0.09, 0.49)	-0.15 (-0.50, 0.20)
3D Slicer	ICC	0.86	0.80
	BA bias - Est (95% CI)	-0.29 (-0.71, 0.13)	0.36 (-0.38, 1.10)

ICC – Intraclass correlation coefficient, BA – Bland-Altman, Est – Estimate, CI – Confidence interval

Table 2. Reliability, precision, and accuracy of the methods to measure the Bolton discrepancy in millimeters

Method	Estimates	Anterior Bolton	Overall Bolton
ClinCheck	ICC	0.75	0.71
	Dahlberg's formula	0.65	1.12
	Mean difference ± SD	-0.11 ± 0.93	0.84 ± 1.35
	Paired t test	0.389	<0.001
	BA bias - Est (95% CI)	-0.11 (-0.36, 0.14)	0.84 (0.48, 1.21)
Dolphin Imaging®	ICC	0.75	0.70
	Dahlberg's formula	0.70	1.13
	Mean difference ± SD	-0.17 ± 0.99	0.80 ± 1.40
	Paired t test	0.216	<0.001
	BA bias - Est (95% CI)	-0.17 (-0.44, 0.10)	0.80 (0.43, 1.18)
3D Slicer	ICC	0.87	0.77
	Dahlberg's formula	0.55	0.91
	Mean difference ± SD	0.35 ± 0.70	0.45 ± 1.22
	Paired t test	<0.001	0.008
	BA bias - Est (95% CI)	0.35 (0.16, 0.54)	0.45 (0.13, 0.78)

ICC – Intraclass correlation coefficient, SD – Standard deviation, BA – Bland-Altman, Est – Estimate, CI – Confidence interval

FIGURE LEGENDS

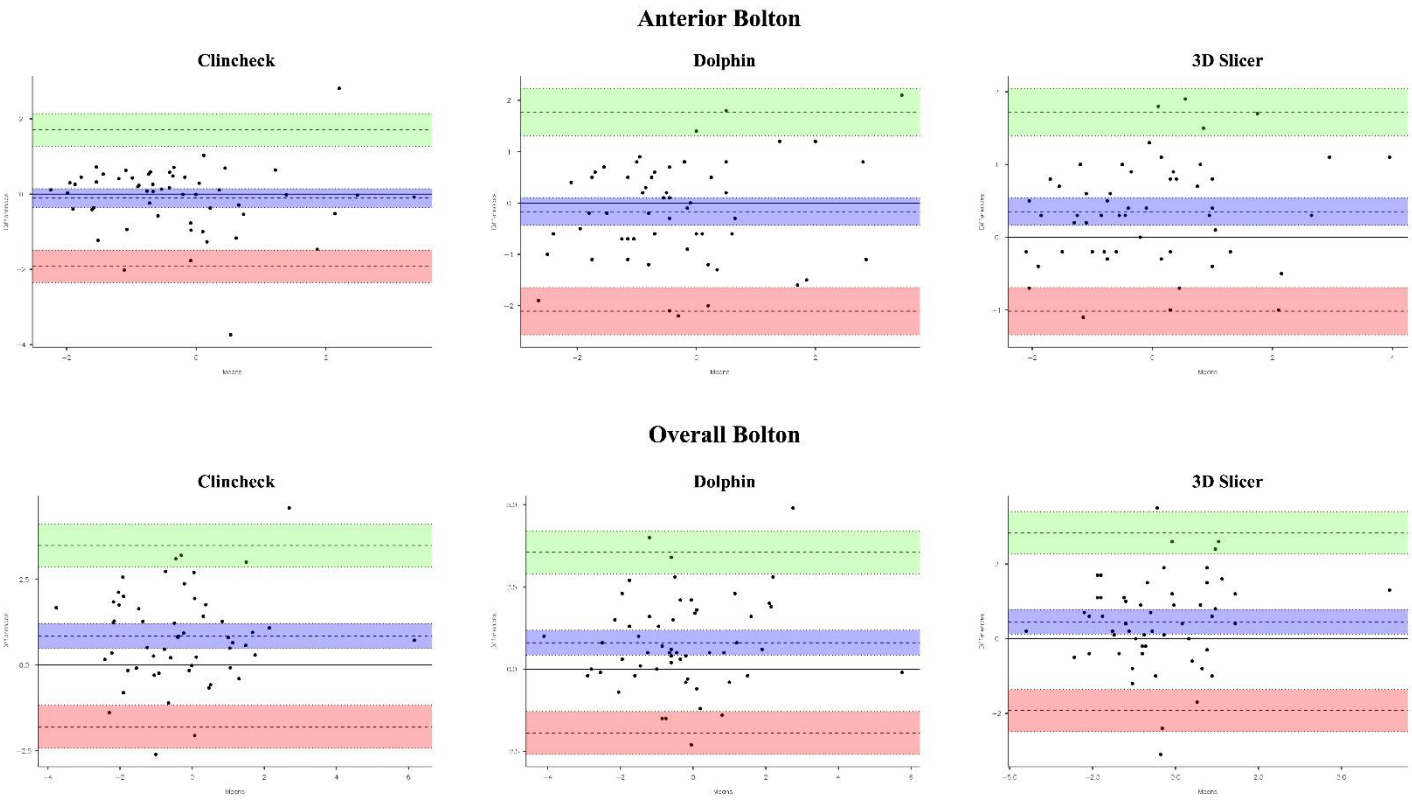


Figure 1: Behavior of measurements after calculating the anterior and overall BD by the three methods

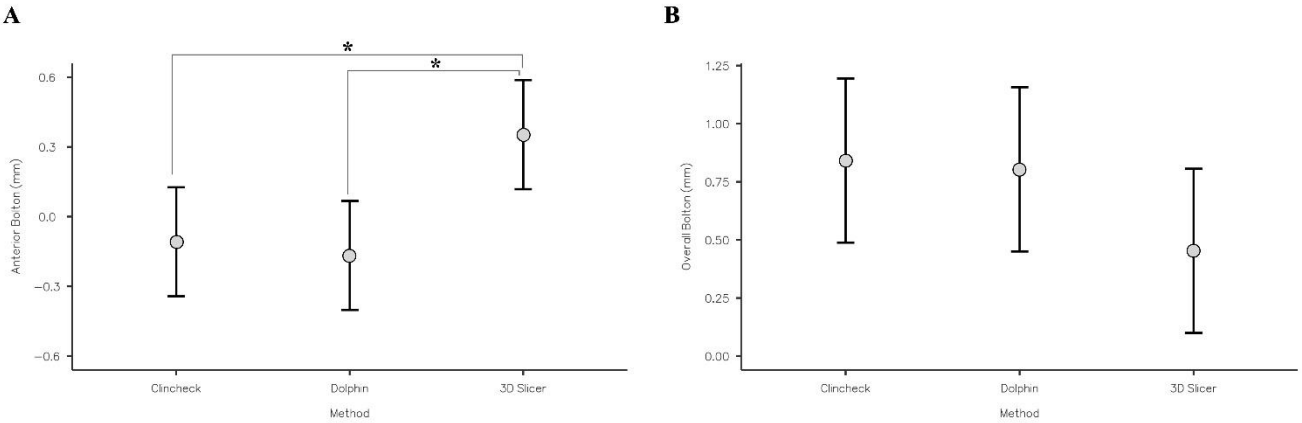


Figure 2: Comparison between the mean differences found in the measurement of each of the software and the conventional method for anterior and overall BD.

5 CONCLUSÕES

Após avaliação das medidas encontradas na análise da Discrepância de Bolton para região anterior e posterior do arco comparando softwares ortodônticos com método convencional de medição, pode –se concluir que:

2.1 O software ClinCheck® apresenta medidas acuradas e precisas para exibir valores de Discrepância de Bolton anterior. Para Bolton total, o programa indicou diferença estatisticamente significativa em relação ao método convencional de medição, embora esses valores não possuam implicação clínica relevante.

2.2 O Dolphin Imaging® apresentou comportamento semelhante ao ClinCheck®, demonstrando acurácia apenas nas medidas para Bolton anterior.

2.3 O programa 3D Slicer, por sua vez, evidenciou diferenças estatísticas para ambas medições, embora a variação encontrada não comprometa o diagnóstico clínico.

6 RECOMENDAÇÕES

Para estudos futuros, sugere-se a divisão da amostra em grupos de acordo com intervalos de apinhamentos mais reduzidos, a exemplo de 1-2, 2-4 e 4-6mm. Além disso, classificar a amostra de acordo com a apresentação clínica desse desalinhamento, uma vez que um mesmo valor de apinhamento (exemplo 5 mm) pode estar relacionado a apenas um incisivo lingualizado ou alterações envolvendo vários dentes. Desse modo, a avaliar se a mensuração do software no diâmetro mesio-distal sofre influência dessas alterações do posicionamento dentário e, consequentemente, se o cálculo da Discrepância de Bolton apresenta alteração. Esse aspecto complementaria a presente pesquisa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIZADEH, N., MOLES, D. R., O'NEILL, J., & NOAR, J. H. Digital versus plaster study models: how accurate and reproducible are they? **J Orthod**, v. *39*, p. 151-159, 2012.

AKYALÇIN, S et al. Bolton tooth size discrepancies in skeletal Class I individuals presenting with different dental angle classifications. **Angle Orthod**, v. 76, n. 4, p. 637-643, 2006.

ALY, P.; MOHSEN, C. Comparison of the accuracy of three-dimensional printed casts, digital, and conventional casts: An in vitro study. **Eur J Dent**, v. 14, n. 02, p. 189-193, 2020.

AMUK, N. G.; KARSLI, E.; KURT, G. Comparison of dental measurements between conventional plaster models, digital models obtained by impression scanning and plaster model scanning. **Int Orthod**, v. 17, n. 1, p. 151-158, 2019.

ARAGÓN, M.L.C. et al. Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review. **Eur J Dent**, v. 38, n. 4, p. 429-434, 2016.

BELL A.; AYOUB A.; SIEBERT P. Avaliação da precisão de um sistema de imagem tridimensional para arquivamento de modelos de estudo odontológico. **J Orthod**, v.30, p. 219–223, 2003.

BLUNDELL, H. L., WEIR, T., KERR, B., & FREER, E. Predictability of overbite control with the Invisalign appliance. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. *160*, p. 725-731, 2021.

BOLTON, W. A. Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion. **Angle Orthod**, v. *28*, p.113-130, 1958.

BOLTON, W. A. The clinical application of a tooth-size analysis. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 48, n. 7, p. 504-529, 1962.

BRANDÃO, M. M., SOBRAL, M. C., VOGEL, C. J. Reliability of Bolton analysis evaluation in tridimensional virtual models. **Dental Press J Orthod**, v. 20, n. 5, p. 72–77, 2015.

BURZYNSKI, J. A. et al. Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions: Time and patient satisfaction. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 153, n. 4, p. 534-541, 2018.

BUSCHANG, P. H., ROSS, M., SHAW, S. G., CROSBY, D., & CAMPBELL, P. M. Predicted and actual end-of-treatment occlusion produced with aligner therapy. **Angle Orthod**, v.*85*, p. 723-727, 2015.

CHARALAMPAKIS, O., ILIADI, A., UENO, H., OLIVER, D. R., & KIM, K. B. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. **Am J Orthod Dentofacial Orthop***, v.154*, p. 47-54, 2018.

ELLAKANY, P. et al. Evaluation of the accuracy of digital and 3D-printed casts compared with conventional stone casts. **J Prosthet Dent**, 2020.

FALTIN, R. M. et al. Efficiency, three-dimensional planning and prediction of the orthodontic treatment with the Invisalign® System: case report. **R Clin Ortodon Dental Press**, v. 2, n. 2, p. 61-71, 2003.

FLÜGGE, T. V., SCHLAGER, S., NELSON, K., NAHLES, S., & METZGER, M. C. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.144, p. 471-478, 2013.

GRABER LW, VANARSDALL RL, VIG KWL, HUANG GJ. Orthodontics: current principles and techniques. Sixth ed. **Elsevie**r; 2017.

GRUNHEID, T.; LOH, C.; LARSON, B. E. How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are predicted tooth positions achieved? **Angle Orthod**, v. 87, n. 6, p. 809-815, 2017.

HAN, U.; VIG, K. W., WEINTRAUB, J. A.; ET AL. Consistency of orthodontic treatment decisions relative to diagnostic records **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 100, n. 3, p. 212-219, 1991.

HAOUILI, N., KRAVITZ, N. D., VAID, N. R., *et al.* "Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign", **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 158, n. 3, p. 420–425, 2020.

HOU, HM.; WONG, R. WK.; HAGG, E. U. O. The uses of orthodontic study models in diagnosis and treatment planning. **Hong Kong Dental Journal**, v. 3, p.107-115, 2006.

HOULE, J. P., PIEDADE, L., TODESCAN JR, R., & PINHEIRO, F. H. L. The predictability of transverse changes with Invisalign. **Angle Orthod**, v.*87*, p.19-24, 2017.

JOHNER, A. M. et al. Quantitative comparison of 3 enamel-stripping devices in vitro: how precisely can we strip teeth? **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 143, n. 4, p. S168-S172, 2013.

KALEMAJ, Z.; LEVRINI. Quantitative evaluation of implemented interproximal enamel reduction during aligner therapy: A prospective observational study. **Angle Orthod**, v. 91, n. 1, p. 61-66, 2021.

KO, J., BLOOMSTEIN, R. D., BRISS, D., HOLLAND, J. N., MORSY, H. M., KASPER, F. K., & HUANG, W. Effect of build angle and layer height on the accuracy of 3-dimensional printed dental models. **Am J Orthod Dentofacial Orthop,** v. 160, p. 451-458, 2021.

KRAVITZ, N. D., KUSNOTO, B., BEGOLE, E., *et al.* How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 135, n. 1, p. 27–35, 2009.

KRIEGER E.; SEIFERTH J.; MARINELLO I.; JUNG BA.; WRIEDT S.; JACOBS C.; WEHRBEIN H. InvisalignH treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved? **J Orofac Orthop,** v. 73, p. 365–376, 2012.

KUO, E.; MILLER, R. J. Automated custom-manufacturing technology in orthodontics. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 123, n. 5, p. 578-581, 2003.

LIONE, R., PAOLONI, V., BARTOLOMMEI, L., GAZZANI, F., MEULI, S., PAVONI, C., & COZZA, P. Maxillary arch development with Invisalign system: Analysis of expansion dental movements on digital dental casts. **Angle Orthod**, v. 91, p. 433-440, 2021.

MACHADO, V. et al. A systematic review and meta-analysis on Bolton's ratios: Normal occlusion and malocclusion. **J Orthod**, v. 47, n. 1, p. 7-29, 2020.

MANGANO, F. et al. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. **BMC Oral Health**, v. 17, n. 1, p. 1-11, 2017.

MARTIN, M. A., LIPANI, E., MARTINEZ, L. B., LORENZO, A. A., AIUTO, R., & GARCOVICH, D. Reliability of Tooth Width Measurements Delivered by the Clin-Check Pro 6.0 Software on Digital Casts: A Cross-Sectional Study. **Int J Environ Res Public Health**, v.*19*, p. 3581, 2022.

MORTON, J. et al. Design of the Invisalign system performance. In: **Semin Orthod**. WB Saunders, 2017. p. 3-11.

MULLEN, S. R. et al. Accuracy of space analysis with emodels and plaster models. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 132, n. 3, p. 346-352, 2007.

NALCACI, R.; TOPCUOGLU, T.; OZTURK, F. Comparison of Bolton analysis and tooth size measurements obtained using conventional and three-dimensional orthodontic models. **Eur J Dent**, v. 7, n. S 01, p. S066-S070, 2013.

PAPADIMITRIOU, A., MOUSOULEA, S., GKANTIDIS, N., & KLOUKOS, D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. **Prog Orthod**, v. *19*, p. 1-24, 2018.

PIEPER, STEVE; HALLE, MICHAEL; KIKINIS, RON. 3D Slicer. In: **2004 2nd IEEE international symposium on biomedical imaging: nano to macro (IEEE Cat No. 04EX821)**, p. 632-635, 2004.

POWER, G. et al. Dolphin Imaging Software: an analysis of the accuracy of cephalometric digitization and orthognathic prediction. **Int J Clin Oral Maxillofac Surg**, v. 34, n. 6, p. 619-626, 2005.

PRABAKARAN, R. et al. Motivation for orthodontic treatment investigated with Q-methodology: patients' and parents' perspectives. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 142, n. 2, p. 213-220, 2012.

PROFFIT WR, FIELDS HW, SARVER DM. **Ortodontia Contemporânea**. 5° Edição ed. 2012.

QUIMBY, M. L. et al. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. **Angle Orthod**, v. 74, n. 3, p. 298-303, 2004.

RIEDE, U., WAI, S., NEURURER, S., REISTENHOFER, B., RIEDE, G., BESSER, K., & CRISMANI, A. Maxillary expansion or contraction and occlusal contact adjustment: effectiveness of current aligner treatment. **Clin Oral Invest**, v.*25*, p. 4671-4679, 2021.

ROSVALL, M. D., FIELDS, H. W., ZIUCHKOVSKI, J., ROSENSTIEL, S. F., & JOHNSTON, W. M. Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.*135*, p.276-e, 2009.

SANTORO, M.et al. Mesiodistal crown dimensions and tooth size discrepancy of the permanent dentition of Dominican Americans. **Angle Orthod**, v. 70, n. 4, p. 303-307, 2000.

SHAILENDRAN, A. et al. Accuracy and reliability of tooth widths and Bolton ratios measured by ClinCheck Pro. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 161, n. 1, p. 65-73, 2022.

SOLANO-MENDOZA, B., SONNEMBERG, B., SOLANO-REINA, E., & IGLESIAS-LINARES, A. How effective is the Invisalign® system in expansion movement with Ex30′ aligners? **Clin Oral Invest**, v. 21, p.1475-1484, 2016.

SOUSA, M. V. S., VASCONCELOS, E. C., JANSON, G., GARIB, D., & PINZAN, A. Accuracy and reproducibility of 3-dimensional digital model measurements. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.*142*, p. 269-273, 2012.

SURYAJAYA, W., ISMAH, N., PURBIATI, M. "Accuracy of digital dental models and three-dimensional printed dental models in linear measurements and Bolton analysis", **F1000Research**, v. 10, p. 1–13, 2021.

TOMASSETTI, J. J., TALOUMIS, L. J., DENNY, J. M., *et al.* "A Comparison of 3 Computerized Bolton Tooth-Size Analyses with a Commonly Used Method''. **Angle Orthod**, v. 71, n. 5, p. 351–357, 2001.

WĘDRYCHOWSKA-SZULC, B.; JANISZEWSKA-OLSZOWSKA, J.; STEPIEŃ, P. Overall and anterior Bolton ratio in Class I, II, and III orthodontic patients. **Eur J Orthod**, v. 32, n. 3, p. 313-318, 2010.

WEIR, T. Clear aligners in orthodontic treatment**. Aust Dent J**, v. 62, p. 58-62, 2017.

YUZBASIOGLU, E. et al. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. **BMC Oral Health**, v. 14, n. 1, p. 1-7, 2014.

ZHANG, Z. C., Li, P. L., Chu, F. T., & Shen, G. Influence of the three-dimensional printing technique and printing layer thickness on model accuracy. **J Orofac Orthop***, v. 80*, p. 194-204, 2019.

ZILBERMAN, O., HUGGARE, J., & PARIKAKIS, K. A. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. **Angle Orthod**, v. *73*, p. 301-306, 2003.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO 1 – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UFRJ - HOSPITAL UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO FRAGA FILHO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO / HUCFF-UFRJ

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Precisão no cálculo das diferenças de tamanhos dentários, proposto pelo software Clincheck® dos alinhadores Invisalign® usados no tratamento ortodôntico.

Pesquisador: THALITA TEIXEIRA SANTANA
Área Temática:
Versão: 1
CAAE: 51961821.0.0000.5257
Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Patrocinador Principal: FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.202.503

Apresentação do Projeto:
Protocolo 228-21 recebido em 14/09/2021

As informações colocadas nos campos denominados "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo intitulado "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1812889.pdf ", postado em 14/09/2021.

Introdução
O aumento da percepção da importância dos dentes corretamente alinhados para função e estética dos pacientes, tem ampliado a busca por tratamento ortodôntico (PRABAKARAN et al., 2012), bem como influenciado na escolha de aparelhagens ou técnicas ortodônticas mais confortáveis e discretas. (ROSVALL et al., 2009). Frente a isso, o tratamento com alinhadores transparentes, tendo como destaque o mais famoso deles, o sistema Invisalign®, tornou-se uma alternativa aos métodos tradicionais de ortodontia corretiva, realizados por meio da instalação de aparelhagens ortodônticas fixas (KRAVITZ et al., 2009). Os primeiros relatos na literatura de um aparelho

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco Nº255, 7º andar, Ala E
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

UFRJ - HOSPITAL UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO FRAGA FILHO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO / HUCFF-UFRJ

Continuação do Parecer: 5.202.503

Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_de_Infraestrutura_Sem_Assinatura.doc	07/09/2021 13:19:51	THALITA TEIXEIRA SANTANA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_com_assinatura_.pdf	06/09/2021 12:36:41	THALITA TEIXEIRA SANTANA	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

RIO DE JANEIRO, 17 de Janeiro de 2022

Assinado por:
Carlos Alberto Guimarães
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco Nº255, 7º andar, Ala E
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

8.2 ANEXO 2 – JUSTIFICATIVA PARA DISPENSA DO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ODONTOPEDIATRIA E ORTODONTIA
DISCIPLINA DE ORTODONTIA

DISPENSA DO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Solicito a dispensa da aplicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) do projeto de pesquisa intitulado **" Acurácia da análise da Discrepância de Bolton proposta pelo Clincheck® da Invisalign®",** com a seguinte justificativa: "O objetivo desse trabalho será avaliar a acurácia e eficiência da análise da Discrepância de Bolton proposta pelo Clincheck® da Invisalign® comparando com métodos manuais de mensuração em modelos impressos tridimensionalmente e métodos digitais realizados por softwares específicos''. A amostra para realização desse estudo irá compreender de modelos digitais pertencentes ao banco de dados da Clínica de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UFRJ. Os participantes **não** serão abordados pessoalmente, recrutados ou sofrerão qualquer intervenção durante a execução do projeto. Além disso, nenhum novo modelo digital será solicitado para a realização deste estudo".

Declaro:

a) Que o acesso aos dados registrados em prontuário de pacientes ou em bases de dados para fins da pesquisa cientifica será feito somente após aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética;
b) Assegurar o compromisso com a privacidade e a confidencialidade dos dados utilizados preservando integralmente o anonimato e a imagem do participante bem como a sua não estigmatização.
c) Assegurar a não utilização das informações em prejuízo dos participantes e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou econômico-financeiro;
d) Manter a confidencialidade dos dados de pesquisa;
e) Que os dados obtidos na pesquisa serão usados exclusivamente para finalidade prevista no protocolo;
f) Que os dados obtidos na pesquisa somente serão utilizados para o projeto vinculado.

Rio de Janeiro, 21 de agosto de 2021.

Thalita Teixeira Santana

THALITA TEIXEIRA SANTANA
Pesquisadora e Aluna do Mestrado em Odontologia/Ortodontia da FO-UFRJ
Pesquisadora Responsável

8.3 ANEXO 3 - TERMO DE RESPONSABILIDADE PARA UTILIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS DA CLÍNICA DA DISCIPLINA DE ORTODONTIA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DA UFRJ

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ODONTOPEDIATRIA E ORTODONTIA

UTILIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS DA DISCIPLINA DE ORTODONTIA

Eu, Mônica Tirre de Souza Araújo, Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Ortodontia) da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, autorizo o acesso ao arquivo da Clínica da Disciplina de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UFRJ, localizada na Av. Professor Rodolpho Paulo Rocco, 325 Ilha do Fundão – Rio de Janeiro – RJ – Brasil, para fins de pesquisa de Dissertação de Mestrado Intitulada: " **Acurácia da análise da Discrepância de Bolton proposta pelo Clincheck® da Invisalign®".**

A responsabilidade pela privacidade de seus conteúdos, como preconizam os Documentos Internacionais e a Res. 196/96 do Ministério da Saúde e o Código Penal Brasileiro, fica a cargo de Eduardo Franzotti Sant'Anna, Professor Associado da Faculdade de Odontologia da UFRJ e orientador do referido projeto de pesquisa, assim como de Thalita Teixeira Santana, aluna do Curso de Mestrado em Ortodontia do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFRJ.

Rio de Janeiro, 23 de agosto de 2021.

Thalita Teixeira Santana

THALITA TEIXEIRA SANTANA
Aluna do Mestrado em Odontologia/Ortodontia da FO/UFRJ
Pesquisadora Responsável

MÔNICA TIRRE DE SOUZA ARAÚJO
Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Ortodontia da FO/UFRJ