



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Faculdade de Odontologia

Adriano Rocha Campos

**Análise facial automatizada através de inteligência artificial: validação do
algoritmo**

Rio de Janeiro

2024

Adriano Rocha Campos

Análise facial automatizada através de inteligência artificial: validação do algoritmo

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Prótese Dentária.

Orientadores: Prof. Dr. Daniel de Moraes Telles

Prof. Dra. Mayla Kezy Silva Teixeira

Rio de Janeiro

2024

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CB/B

A636 Campos, Adriano Rocha
Análise facial automatizada através de inteligência artificial :
validação do algoritmo / Adriano Rocha Campos. – 2024.
45 f.

Orientadores: Daniel de Moraes Telles
Mayla Kezy Silva Teixeira

Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Faculdade de Odontologia.

1. Antropometria. 2. Face. 3. Inteligência artificial - Teses. 4.
Prótese dentária. I. Telles, Daniel de Moraes. II. Teixeira, Mayla Kezy
Silva. II. Gustafsson, Anders. III. Universidade do Estado do Rio de
Janeiro. Faculdade de Odontologia. IV. Título.

CDU 616.314

Bibliotecário: Felipe Vieira Queiroz Xavier CRB: RJ - 230047/S

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou
parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Adriano Rocha Campos

Análise facial automatizada através de inteligência artificial: validação do algoritmo

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Prótese Dentária.

Aprovada em 06 de maio de 2024.

Orientadores:

Prof. Dr. Daniel de Moraes Telles
Faculdade de Odontologia – UERJ

Prof^a. Dra. Mayla Kezy Teixeira
Faculdade de Odontologia – UERJ

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cesar Dos Reis Perez
Faculdade de Odontologia - UERJ

Prof^a. Dra. Karla Tereza Figueiredo Leite
Faculdade de Informática e Ciência da Computação – UERJ

Prof^a. Dra. Mayra Torres Vasques
Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein

Prof. Dr. Rodrigo F. de Brito Resende
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Jonathan Ribeiro da Silva
Centro Universitário Serra dos Órgãos

Rio de Janeiro

2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha Mãe, à memória de meu Pai e toda nossa família.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão, com muito carinho, aos professores da UERJ, em especial aos do grupo de Prótese Dentária, que me serviram de inspiração, desde o início do mestrado. Foi um prazer enorme estar com todos vocês em cada etapa da estrada que trilhei.

Aos funcionários da UERJ, que sempre me trataram com carinho e respeito, fazendo-me sentir em casa. Deixo um agradecimento especial para Denise, Pablo, Anelyse e Maurício, sempre dispostos a ajudar.

Aos professores presentes na banca, por aceitarem o convite para compartilhar comigo este momento tão especial. Este convite foi feito a vocês por serem grandes profissionais e pessoas nas quais me inspiro.

Ao grupo de alunos de IC, Mestrado e Doutorado ligados grupo de Prótese Dentária, por todos os momentos que aproveitamos juntos.

À Lizandra, que chegou num momento importante do projeto, cheia de disposição, e tornou-se uma grande amiga e parceira.

Aos orientadores, Daniel Telles e Mayla Kezy, por serem pessoas incríveis, completamente diferentes e absolutamente complementares. Vocês fizeram deste projeto uma experiência marcante em minha vida.

Aos amigos Anna Nigri e Cristiano Paulo, que sempre me ouviram e debateram ideias sobre como melhorar este projeto.

À Thaynara, minha esposa, parceira e amiga, que esteve ao meu lado em cada momento destes quatro anos. Obrigado por me apoiar e por entender os momentos de ausência, sem nunca reclamar. À Manuela, por me mostrar o real significado de felicidade.

À memória do meu pai, que faz uma falta gigantesca, e ao enorme coração da minha mãe, uma guerreira, que sempre me apoia em todos os momentos incondicionalmente. Não é possível, nem mesmo para o melhor escritor do mundo, expressar em palavras o significado do amor e o tamanho da admiração que sinto por vocês.

Deixo meus mais sinceros agradecimentos, do fundo do meu coração, a cada um de vocês. Foi um prazer enorme poder contar com todos nesta jornada.

Que Deus os abençoe!

Quem nunca errou, nunca experimentou nada novo.

Albert Einstein

RESUMO

CAMPOS, Adriano Rocha. **Análise facial automatizada através de inteligência artificial: validação do algoritmo.** 2024. 45 f. Tese (Doutorado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2024.

A obtenção de medidas faciais desempenha um papel importante na odontologia, especialmente no planejamento de reabilitações por meio de próteses totais. Os métodos de medição baseiam-se na observação de características anatômicas específicas e na medição manual com o uso de paquímetros e réguas especializadas. Buscando utilizar tecnologias digitais para propor um método mais preciso e prático para a obtenção de medidas faciais, este estudo teve como objetivo principal validar a capacidade do aplicativo de mensurar as distâncias entre os pontos anatômicos faciais. Além disso, avaliou-se a concordância entre os resultados gerados pelo aplicativo a partir de diferentes smartphones e a concordância entre os resultados de cada smartphone com as medições feitas através dos paquímetros. Através do uso da inteligência artificial, o aplicativo identifica múltiplos pontos anatômicos faciais, permitindo a medição de diversas dimensões automaticamente a partir de uma única imagem frontal do paciente. Este estudo incluiu uma amostra de 105 participantes e as dimensões avaliadas foram: largura da boca entre comissuras, largura facial na altura do osso zigomático, largura da asa do nariz, largura entre os endocantos, altura entre os pontos subnasal e o mentoniano e entre os pontos násio e mentoniano. Para análise estatística foram utilizados o Coeficiente de Correlação Intraclassa (ICC) e os gráficos de Bland-Altman. Os resultados demonstraram concordância entre boa e ótima (ICC entre 0,849 e 0,918) quando comparados os resultados entre smartphones. Foi possível observar concordância entre 70% e 90%, entre smartphones e paquímetro, após estabelecimento do limite de tolerância clínica de 10% da média para cada dimensão avaliada. O aplicativo foi capaz de realizar a mensuração das distâncias entre pontos anatômicos faciais, dessa forma, a utilização de tecnologias digitais, como aplicativos para smartphones, mostra-se promissora na odontologia. Os resultados obtidos pelo APP para medição facial automatizada demonstram relevância clínica, oferecendo uma alternativa viável e eficaz ao paquímetro.

Palavras-chave: antropometria facial; aprendizado profundo; prótese dentária.

ABSTRACT

CAMPOS, Adriano Rocha. **Automated facial analysis using artificial intelligence: algorithm validation.** 2024. 45 f. Tese (Doutorado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2024.

The acquisition of facial measurements plays a crucial role in dentistry, particularly in the planning phase of dentures. Measurement methods are based on observing specific anatomical features and manually measuring using calipers and specialized rulers. Aiming to create a more accurate and practical method of obtaining facial measurements employing cutting-edge digital technologies, this study intended to validate the application's ability to measure distances between facial anatomical landmarks. Additionally, the agreement between the results generated by the application on different smartphones and the agreement between each smartphone's results and measurements taken using calipers were assessed. Through the use of artificial intelligence, the application identifies multiple facial anatomical points, allowing for the automatic measurement of various dimensions from a single frontal image of the patient. This study involved a sample of 105 participants and the measurements evaluated were: mouth width between commissures, facial width at the level of the zygomatic arch, nose width, intercanthal width, height between subnasal and menton, and between nasion and menton points. Statistical analysis employed the Intraclass Correlation Coefficient (ICC) and Bland-Altman plots. Results demonstrated good to excellent agreement (ICC between 0.849 and 0.918) when comparing results across smartphones. It was possible to observe agreement between 70% and 90% between smartphones and calipers, after establishing a clinical tolerance limit of 10% of the mean for each dimension evaluated. The application successfully measured distances between facial anatomical points, indicating the promising use of digital technologies, such as smartphone applications, in dentistry. The results obtained by the automated facial measurement app demonstrate clinical relevance, providing a viable and effective alternative to calipers.

Keywords: facial anthropometry; deep learning; dental prosthesis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Paquímetros utilizados.....	16
Figura 2 -	Tela de aquisição com o posicionador vermelho.....	18
Figura 3 -	Gráficos de Bland-Altman mostrando a diferença entre paquímetro e SP para a medida Ch-Ch.....	23
Figura 4 -	Gráfico de Survival-Agreement mostrando a proporção de discordância entre paquímetro e SP para a medida Ch-Ch e o limite de tolerância clínica.....	24
Figura 5 -	Gráficos de Bland-Altman mostrando a diferença entre paquímetro e SP para a medida Zy-Zy.....	25
Figura 6 -	Gráfico de Survival-Agreement mostrando a proporção de discordância entre paquímetro e SP para a medida Zy-Zy e o limite de tolerância clínica.....	26
Figura 7 -	Gráficos de Bland-Altman mostrando a diferença entre paquímetro e SP para a medida Al-Al.....	27
Figura 8 -	Gráfico de Survival-Agreement mostrando a proporção de discordância entre paquímetro e SP para a medida Al-Al e o limite de tolerância clínica.....	28
Figura 9 -	Gráficos de Bland-Altman mostrando a diferença entre paquímetro e SP para a medida En-En.....	29
Figura 10 -	Gráfico de Survival-Agreement mostrando a proporção de discordância entre paquímetro e SP para a medida En-En e o limite de tolerância clínica.....	30
Figura 11 -	Gráficos de Bland-Altman mostrando a diferença entre paquímetro e SP para a medida Sn-Me.....	31
Figura 12 -	Gráfico de Survival-Agreement mostrando a proporção de discordância entre paquímetro e SP para a medida Sn-Me e o limite de tolerância clínica.....	32
Figura 13 -	Gráficos de Bland-Altman mostrando a diferença entre paquímetro e SP para a medida N-Me.....	33

Figura 14 -	Gráfico de Survival-Agreement mostrando a proporção de discordância entre paquímetro e SP para a medida N-Me e o limite de tolerância clínica.....	34
Figura 15 -	Falha do Examinador B durante a captura das imagens (1).....	36
Figura 16 -	Falha do Examinador B durante a captura das imagens (2).....	37
Figura 17 -	Falha na marcação das comissuras pelo APP no SP1.....	38

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 -	Dimensões avaliadas e tipos de paquímetros utilizados.....	17
Tabela 2 -	Detalhes sobre os smartphones.....	19
Tabela 3 -	Estatísticas descritivas dos valores médios, referentes às dimensões faciais, obtidos através dos paquímetros (expressos em milímetros) e ICC.....	20
Tabela 4 -	Estatísticas descritivas dos valores obtidos através dos SPs (expressos em milímetros) e ICC (entre sp, por dimensão).....	21
Tabela 5 –	Valores médios, com respectivos intervalos de confiança, para as diferenças entre paquímetro e SP em relação às diversas medidas.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Aplicativo / Aplicativos
SP	Smartphone / Smartphones
CDSS	Clinical Decision Support System / Sistema de Apoio à Decisão Clínica
IA	Inteligência Artificial
CNN	Rede Neural Convolucional
MIH	Máxima Intercuspidação Habitual
ICC	Coefficiente de Correlação Intraclass

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	13
1	MATERIAL E MÉTODOS.....	15
1.1	Aspectos éticos e população de estudo.....	15
1.2	Coleta de dados: medições.....	15
1.3	Desenvolvimento do APP.....	17
1.4	Coleta de dados: imagens digitais.....	18
1.5	Análises estatísticas.....	19
2	RESULTADOS.....	20
2.1	Avaliação intraexaminador.....	20
2.2	Avaliação interexaminador.....	20
2.3	Avaliação da discordância e do limite de tolerância clínica.....	21
3	DISCUSSÃO.....	35
	CONCLUSÃO.....	40
	REFERÊNCIAS.....	41

INTRODUÇÃO

A obtenção de medidas faciais desempenha um papel importante na prática odontológica, especialmente no planejamento de reabilitações através próteses totais. No início do século XX, as pesquisas de Berry, conhecida por "*Biometric ratio method*", e Williams, conhecida por "*Typal form method*", introduziram conceitos pioneiros que mais tarde se tornaram fundamentais no processo de seleção de dentes artificiais. Berry propôs que as dimensões do incisivo central superior apresentavam correlações com as proporções faciais (1–5) . Paralelamente, Williams examinou uma ampla gama de dentes anteriores e faces, postulando uma estrutura que compreende formas de dentes quadradas, triangulares e ovais, estendendo esse princípio à classificação da face, defendendo uma relação harmoniosa entre as formas faciais e dentárias (1,2,5).

Com a evolução desses conceitos, uma variedade de métodos para sugestão das dimensões ideais para escolha dos dentes artificiais foi sugerida na literatura, métodos esses baseados na observação de características anatômicas específicas como a largura intercomissural (6–8) , largura intercantal (8–10) , largura interalar (4,6,8,11–15) , largura bizigomática (6,8,16) , ou até mesmo combinando alguns destes. Essas medições são geralmente realizadas através de paquímetros, compassos ou régua (4,6–18) e seguem as mesmas etapas: localização dos pontos anatômicos, execução das medições e avaliação dos resultados (19) . Além disso, alguns dispositivos especiais, como “Wavrin Anatoform tooth selection gauge” (1920), “Trubyte tooth indicator” (1950), entre outros (15,20,21) , foram criados para facilitar o processo.

Em resposta a essa necessidade por métodos mais precisos, práticos e consistentes de obtenção de medidas faciais, é possível observar a utilização de tecnologias digitais (22–24), incluindo aplicativos (APP) para smartphones (SP). Os SPs são dispositivos únicos que se tornaram um componente indispensável do cotidiano, devido às suas capacidades multifuncionais. Existem aplicações e ferramentas para auxiliar os dentistas de diversas maneiras, incluindo a troca de informações entre profissionais (25) , monitoramento de tratamentos ortodônticos (26,27), realização de digitalização em 3D da face (28,29), auxílio na seleção de cores (30,31) e como um sistema de apoio à decisão clínica (CDSS) (32,33).

Os CDSSs representam uma categoria específica de APPs, desenvolvidos para fornecer assistência especializada aos profissionais da saúde em seus processos de tomada de decisão clínica. Esses sistemas utilizam conhecimento clínico para facilitar a análise de dados

do paciente, capacitando os usuários a fazer melhores interpretações dos dados relacionados a diagnóstico, prevenção e tratamento de diversas questões de saúde (34).

A Inteligência Artificial (IA) tem o potencial de ampliar as capacidades das ferramentas digitais como os CDSSs, e pesquisas abordando o uso da IA em diferentes subáreas da odontologia foram publicadas na última década (35–38). A IA não pode ser descrita como uma única tecnologia, mas sim como um conjunto de tecnologias que permitem às máquinas manifestar comportamento inteligente, como aprender a partir de dados, reconhecimento de padrões e tomada de decisão autônoma (39).

Este estudo teve como objetivo principal validar a capacidade do APP de mensurar as distâncias entre pontos anatômicos faciais. O objetivo secundário foi validar a concordância entre os resultados gerados pelo APP a partir de diferentes SPs. O objetivo terciário foi a validação da concordância entre os resultados de cada SP com as medições feitas através dos paquímetros.

1 MATERIAL E MÉTODOS

1.1 Aspectos éticos e população de estudo

O presente estudo recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Pedro Ernesto (Número do Protocolo: 58286122.9.0000.5259) e constitui uma investigação prospectiva envolvendo medições de diversas dimensões faciais e dentais num total de 105 participantes, selecionados aleatoriamente entre o corpo discente, docente e funcionários da Faculdade de Odontologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (FOUERJ). Entre os participantes, 76 eram do sexo feminino, enquanto 29 eram do sexo masculino. Adicionalmente, 16 participantes se auto identificaram como pardos, 1 como indígena, 18 como negros e 70 como brancos. As idades dos pacientes variaram de 20 a 58 anos, com uma idade média de 27 anos.

Foram incluídos no estudo, indivíduos com todos os dentes anteriores superiores naturalmente bem alinhados, com mínimo desgaste visível e sem histórico de tratamento ortodôntico ou uso de prótese. Foram excluídos do estudo, participantes com defeitos faciais congênitos ou cirúrgicos, assim como aqueles que haviam passado por procedimentos estéticos na face ou nos dentes, como aplicações de preenchimento facial ou laminados cerâmicos nos dentes anteriores.

1.2 Coleta de dados: medições

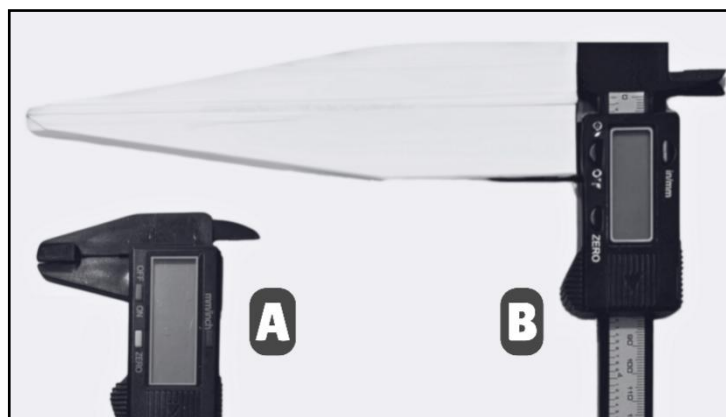
O processo de medição compreendeu três fases sequenciais. Inicialmente, o Examinador A conduziu entrevistas para validar a adesão aos critérios de inclusão e exclusão e para registrar os dados essenciais dos participantes. Após essas entrevistas, o Examinador B coletou, com auxílio de paquímetros, as dimensões faciais. Por fim, uma sessão de fotos através do APP instalado em diferentes SPs foi realizada pelo Examinador A.

Durante as fases de coleta das dimensões faciais através dos paquímetros e da sessão de fotos, os participantes foram instruídos a ficarem sentados em posição ereta e a manter uma expressão facial relaxada, sem tensão exercida sobre os lábios e face. Além disso, foi

solicitado que se mantivessem em posição de máxima intercuspidação habitual (MIH). As coletas foram realizadas em vários dias e horários ao longo de dois meses. As dimensões dos pontos anatômicos de interesse foram medidas em linha reta e todos os valores foram expressos em milímetros.

A coleta das dimensões faciais foi conduzida pelo Examinador B, que possui 5 anos de experiência como dentista e estava matriculado no programa de Mestrado em Prótese Dentária na UERJ. O processo de calibração do Examinador B foi realizado um mês antes do início da coleta de dados, ao avaliar 15 participantes escolhidos de forma aleatória nas dependências da FOUERJ, resultando ótima concordância intraexaminador (Coeficiente de Correlação Intraclass de 0,962). As medições foram realizadas com o auxílio de dois paquímetros digitais (Figura 1), sendo um deles com pontas personalizadas, projetadas para facilitar o processo e garantir a acuidade do mesmo. Os pontos anatômicos analisados e os respectivos paquímetros utilizados estão descritos na Tabela 1. A coleta das dimensões foi realizada três vezes pelo Examinador B, que fornecia os valores para o Examinador A inserir em uma planilha. Após executar toda a coleta de dados de um participante, os paquímetros eram higienizados com gaze embebida em álcool 70% para minimizar os riscos de contaminação cruzada.

Figura 1 - Paquímetros utilizados



Legenda: A: Ponta regular;
B: Ponta alongada.

Fonte: O autor, 2024.

Tabela 1 – Dimensões avaliadas e tipos de paquímetros utilizados

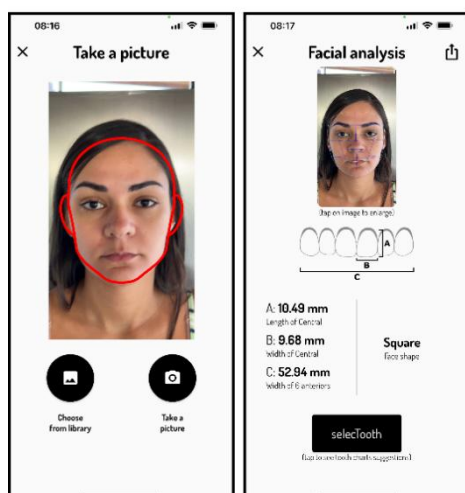
Dimensões avaliadas	Sigla	Paquímetro
Largura da boca (entre comissuras)	Ch-Ch	Paquímetro de ponta regular
Largura da face (altura do zigomático)	Zy-Zy	Paquímetro de ponta alongada
Largura do nariz (entre as asas do nariz)	Al-Al	Paquímetro de ponta regular
Largura intercantal (entre os cantos internos dos olhos)	En-En	Paquímetro de ponta regular
Altura entre Subnasal a Mentoniano	Sn-Me	Paquímetro de ponta regular
Altura entre Násio e Mentoniano	N-Me	Paquímetro de ponta alongada

Fonte: O autor, 2024.

1.3 Desenvolvimento do APP

Foi desenvolvido pelo Examinador A um APP integrando diversas tecnologias para a medição automática das dimensões faciais mencionadas. Utilizando o framework Flutter, foi criada uma interface (o APP em si) que permite o posicionamento do paciente em frente à câmera frontal do smartphone. Uma máscara, no centro da tela, foi implementada para padronizar o posicionamento do paciente (Figura 2). Após a captura, a imagem obtida é enviada para um servidor que hospeda uma Application Programming Interface (API) desenvolvida em Python. Essa API realiza a marcação dos pontos anatômicos, permitindo a medição das dimensões de interesse e os cálculos necessários para sugerir a altura e largura dos dentes artificiais. Finalmente, as informações geradas são exibidas na tela do APP para o dentista.

Figura 2 - Tela de aquisição com o posicionador vermelho



Fonte: O autor, 2024.

1.4 Coleta de dados: imagens digitais

Imagens digitais foram capturadas através do APP. Após o processo de captura, a imagem era automaticamente analisada por uma Rede Neural Convolutiva (CNN), uma ferramenta especializada no campo da IA, projetada para a identificação de rostos humanos em uma imagem e para a marcação de pontos anatômicos dispostos de maneira a formar uma malha correspondente a face analisada. Após a identificação dos pontos anatômicos de interesse (1 a 6, apresentados na Tabela 1) usando a CNN, um algoritmo foi utilizado para o processamento dos dados. Em seguida, um relatório era gerado apresentando os dados extraídos da imagem.

O APP foi instalado em quatro SPs (Tabela 2) com diferentes sistemas operacionais e especificações de câmera (de acordo com seus modelos), para possibilitar a comparação de resultados a partir de dispositivos distintos.

Tabela 2 - Detalhes sobre os smartphones

Smartphone (SP)	Abreviatura	Fabricante	Sistema Operacional	Modelo	Câmera
iPhone 11	SP1	Apple	iOS	2019	12MP
iPhone 6	SP2	Apple	iOS	2014	8MP
Mi 9 Lite	SP3	Xiaomi	Android	2019	48MP
X230	SP4	LG	Android	2017	8MP

Fonte: Site dos fabricantes.

1.5 Análises estatísticas

Para avaliar a concordância entre os resultados obtidos pelo APP através de diferentes SPs e também entre SPs e os paquímetros, foram utilizados: (1) Coeficiente de Correlação Intraclass (ICC) (40), para verificar a consistência entre resultados; (2) gráficos de Bland-Altman (41–43), para observar a discordância e possíveis vieses entre os métodos; e (3) gráficos de Survival-Agreement (44), para observar o grau de concordância entre cada SP e o paquímetro, permitindo também avaliar e definir os limites de tolerância de acordo com a relevância clínica. Os dados foram analisados utilizando o software estatístico JASP (versão 0.18.3; JASP Team, 2024) em conjunto com o Microsoft Excel (versão Microsoft 365; Microsoft Corporation, 2024).

2 RESULTADOS

2.1 Avaliação intraexaminador

A confiabilidade intraexaminador para as medições, realizadas em triplicata através dos paquímetros, foi avaliada por meio do ICC, conforme detalhado na Tabela 3. Os resultados revelaram uma concordância ótima para cada medição individual (40). O valor final atribuído a cada dimensão foi obtido pela média das três repetições, e as estatísticas descritivas correspondentes são apresentadas na Tabela 3, ao lado do ICC.

Tabela 3 - Estatísticas descritivas dos valores médios, referentes às dimensões faciais, obtidos através dos paquímetros (expressos em milímetros) e ICC

Dimensões Avaliadas (através dos PAQ)	Estatísticas descritivas				Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC)*
	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	
Ch-Ch	50,7	4,2	41,8	63,4	0,978 (0,970; 0,984)
Zy-Zy	143,0	7,0	129,0	161,5	0,982 (0,975; 0,987)
Al-Al	29,6	3,6	23,5	40,2	0,986 (0,980; 0,990)
En-En	29,1	2,8	21,1	40,2	0,970 (0,959; 0,979)
Sn-Me	66,0	6,5	51,9	92,0	0,967 (0,955; 0,977)
N-Me	112,4	7,8	98,9	136,0	0,988 (0,983; 0,991)

Legenda: * Grau de confiabilidade entre as medidas repetidas pelo mesmo examinador (com intervalo de confiança de 95%).

Fonte: O Autor, 2024.

2.2 Avaliação interexaminador

A confiabilidade interexaminador entre as medições realizadas pelo APP a partir de diferentes SPs foi avaliada usando ICC, apresentando resultados que indicam concordância entre boa e ótima para cada medição individual (45). As estatísticas descritivas referentes aos valores de cada SP para cada dimensão avaliada, juntamente com os escores ICC por dimensão (avaliando a concordância entre os 4 SPs), são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas dos valores obtidos através dos SPs (expressos em milímetros) e ICC (entre SP, por dimensão)

Dimensões avaliadas (através dos SPs)	Estatísticas descritivas				Coeficiente de Correlação Intraclassa (ICC)*
	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	
Ch-Ch_SP1	51,1	3,2	44,9	58,8	0,849 (0,803; 0,887)
Ch-Ch_SP2	50,7	3,2	44,8	58,8	
Ch-Ch_SP3	50,4	3,2	44,9	59,4	
Ch-Ch_SP4	50,8	3,2	44,6	59,4	
Zy-Zy_SP1	141,5	5,7	125,4	154,8	0,895 (0,861; 0,922)
Zy-Zy_SP2	144,3	6,2	126,5	163,9	
Zy-Zy_SP3	141,5	6,1	124,9	161,6	
Zy-Zy_SP4	145,8	6,6	130,2	165,8	
Al-Al_SP1	29,5	1,8	24,8	35,1	0,903 (0,872; 0,929)
Al-Al_SP2	29,3	1,7	24,9	33,6	
Al-Al_SP3	29,2	1,9	25,1	33,9	
Al-Al_SP4	29,0	1,8	24,1	33,6	
En-En_SP1	29,0	2,1	23,3	34,9	0,895 (0,862; 0,923)
En-En_SP2	29,3	2,0	23,6	33,8	
En-En_SP3	28,9	2,2	23,7	34,6	
En-En_SP4	29,5	2,1	24,1	35,6	
SN-Me_SP1	66,0	7,1	44,5	86,1	0,910 (0,881; 0,934)
SN-Me_SP2	66,4	7,2	47,9	85,3	
SN-Me_SP3	65,6	7,7	46,5	85,2	
SN-Me_SP4	67,3	6,9	51,1	86,4	
N-Me_SP1	112,7	7,3	90,1	135,9	0,918 (0,892; 0,94)
N-Me_SP2	112,6	7,4	94,5	135,2	
N-Me_SP3	111,6	7,9	93,1	137,2	
N-Me_SP4	113,4	7,2	98,3	137,3	

Legenda: * Grau de confiabilidade entre os 4 smartphones (com intervalo de confiança de 95%).

Fonte: O autor, 2024.

2.3 Avaliação da discordância e do limite de tolerância clínica

Os valores médios referentes a discordância observada entre medidas obtidas através dos SPs e do paquímetro estão resumidos na Tabela 5. Em seguida, conduziu-se uma análise

gráfica utilizando os gráficos de Bland-Altman e Survival-Agreement para cada dimensão investigada (Figuras 3-14).

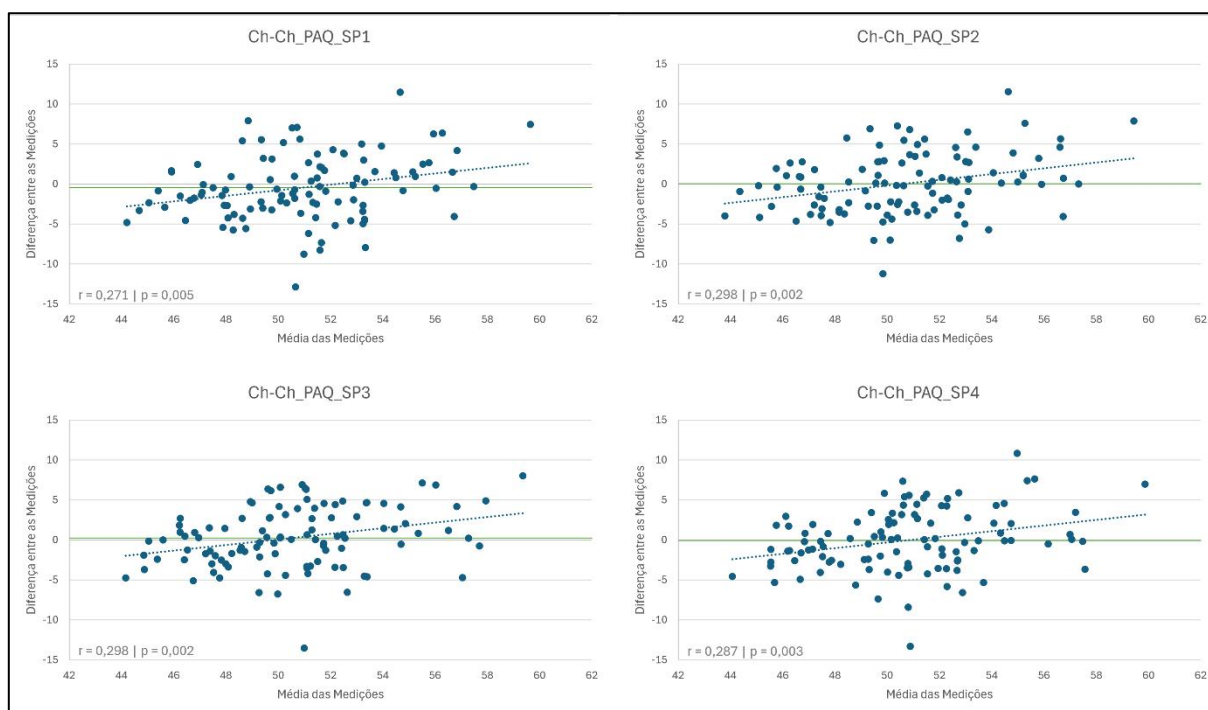
Tabela 5 – Valores médios, com respectivos intervalos de confiança, para as diferenças entre paquímetro e SP em relação às diversas medidas.

Medidas avaliadas	Diferenças em relação aos paquímetros			
	SP1	SP2	SP3	SP4
Ch-Ch	-0,437 (-1,22; 0,347)	0,057 (-0,69; 0,803)	0,276 (-0,454; 1,007)	-0,047 (-0,801; 0,707)
Zy-Zy	1,549 (0,213; 2,885)	-1,265 (-2,651; 0,12)	1,510 (0,207; 2,813)	-2,777 (-4,202; -1,352)
Al-Al	0,077 (-0,498; 0,652)	0,304 (-0,287; 0,894)	0,388 (-0,168; 0,944)	0,567 (-0,02; 1,154)
En-En	0,130 (-0,271; 0,53)	-0,122 (-0,506; 0,262)	0,255 (-0,146; 0,656)	-0,368 (-0,809; 0,074)
SN-Me	-0,017 (-1,17; 1,135)	-0,442 (-1,577; 0,692)	0,388 (-0,802; 1,579)	-1,358 (-2,5; -0,217)
N-Me	-0,238 (-1,53; 1,054)	-0,203 (-1,48; 1,075)	0,778 (-0,522; 2,077)	-1,025 (-2,347; 0,297)

Fonte: O autor, 2024.

Os resultados relacionados à dimensão Ch-Ch, observados no gráfico de Bland-Altman (Figura 3), indicam que as medições realizadas através dos SPs resultaram em valores diferentes dos obtidos pelo paquímetro. A presença de um viés proporcional é observada em todos os gráficos devido a correlação positiva. Resumidamente, a tendência para médias de medições abaixo de 52mm demonstra que os SPs tendem a indicar valores maiores do que o paquímetro, invertendo-se esta relação a partir deste valor.

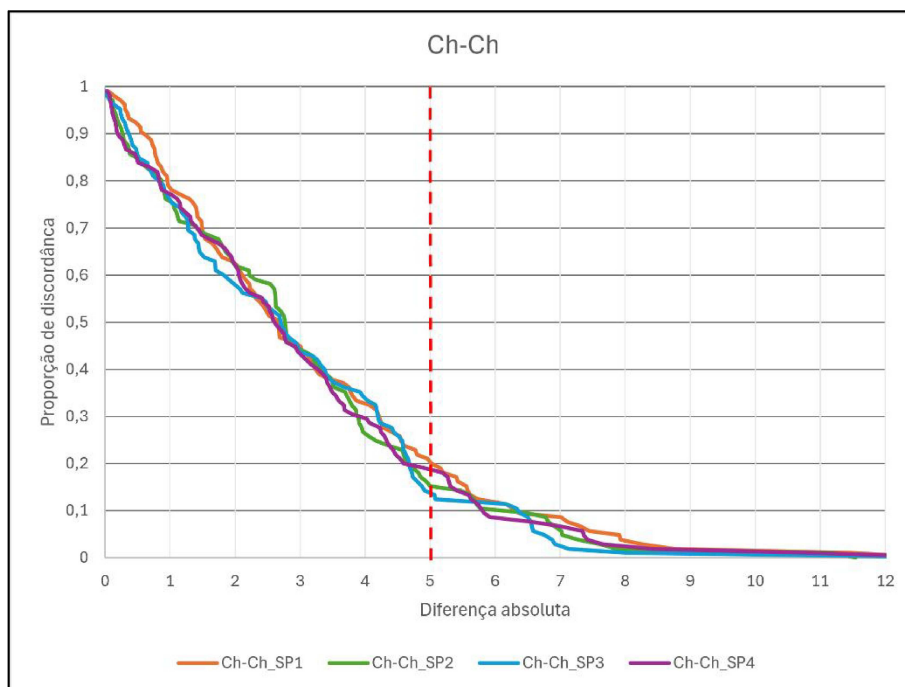
Figura 3 - Gráficos de Bland-Altman mostrando a diferença entre paquímetro e SP para a medida Ch-Ch



Fonte: O Autor, 2024.

Ao examinar o gráfico de Survival-Agreement (Figura 4), é possível observar que os valores de diferença absoluta entre os SPs são praticamente equivalentes, conforme sugerido previamente através do cálculo do ICC. Após estabelecido um limite de tolerância de 10% em relação à média da dimensão Ch-Ch (50,7mm), aceitando clinicamente uma diferença de até 5mm entre SPs e paquímetros, constatou-se uma concordância de pelo menos 80% entre os valores obtidos, sendo a menor delas referente ao SP1.

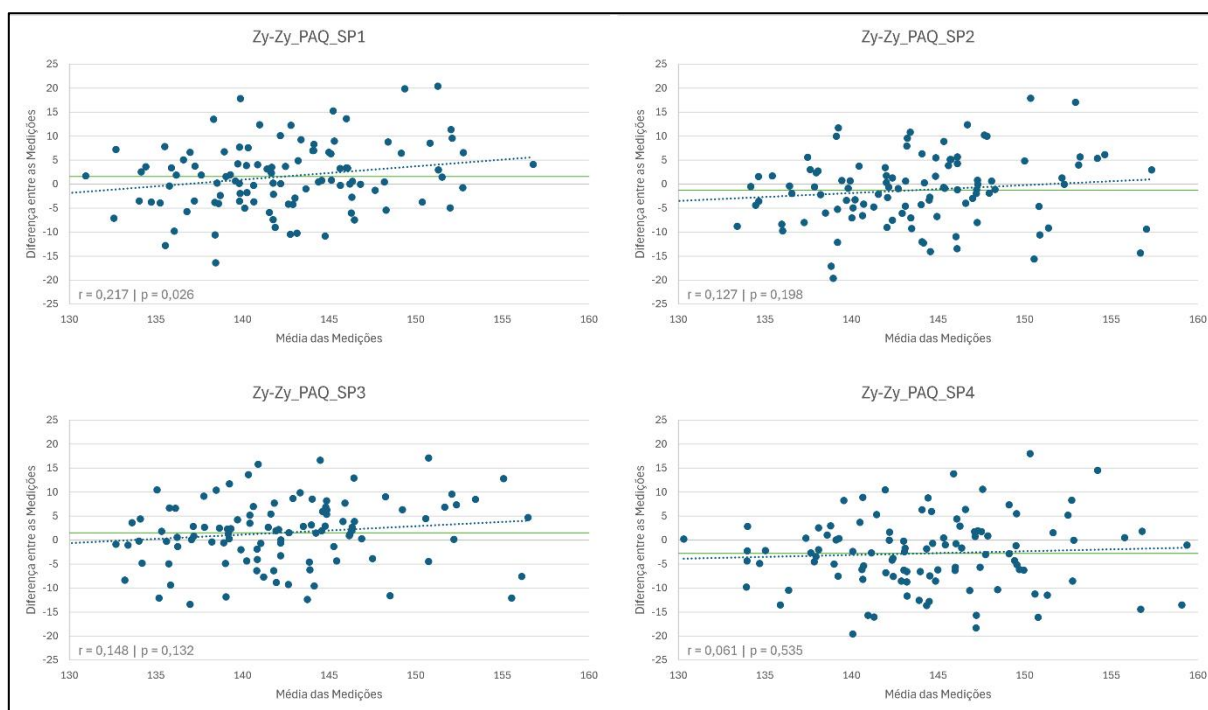
Figura 4 - Gráfico de Survival-Agreement mostrando a proporção de discordância entre paquímetro e SP para a medida Ch-Ch e o limite de tolerância clínica



Fonte: O Autor, 2024.

Os resultados relacionados à dimensão Zy-Zy, observados no gráfico de Bland-Altman (Figura 5), indicam que as medições realizadas através dos SPs resultaram em valores diferentes dos obtidos pelo paquímetro. A presença de um viés proporcional é observada em todos os gráficos devido a correlação positiva. Resumidamente, a tendência para médias de medições abaixo de 145mm demonstra que os SPs tendem a indicar valores maiores do que o paquímetro, invertendo-se esta relação a partir deste valor.

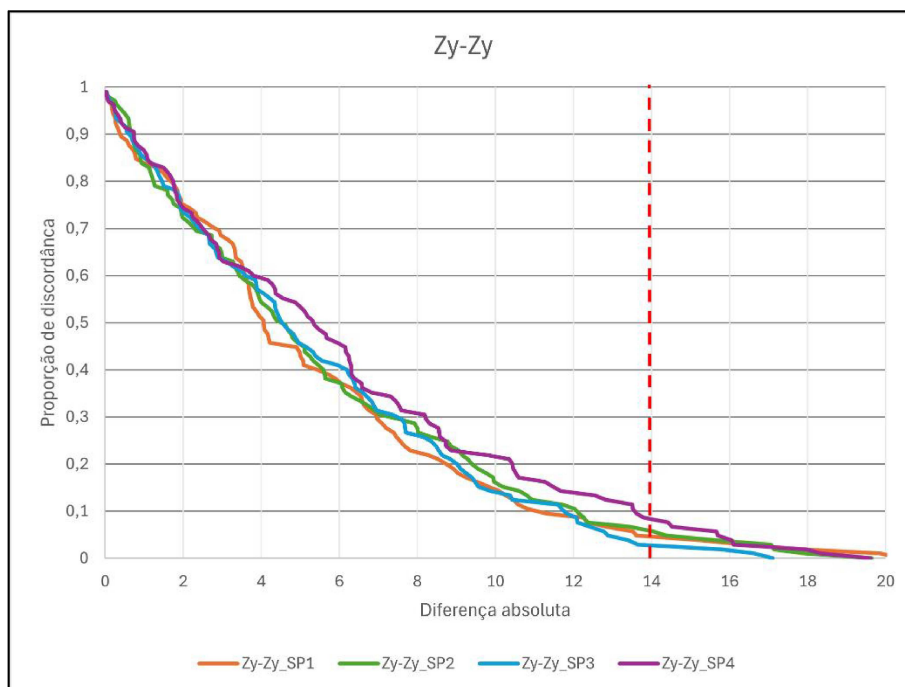
Figura 5 - Gráficos de Bland-Altman mostrando a diferença entre paquímetro e SP para a medida Zy-Zy



Fonte: O Autor, 2024.

Ao examinar o gráfico de Survival-Agreement (Figura 6), é possível observar que os valores de diferença absoluta entre os SPs são quase equivalentes, conforme demonstrado previamente através do cálculo do ICC. Ao estabelecer um limite de tolerância de 10% em relação à média da dimensão Zy-Zy (143mm), aceitando clinicamente uma diferença de até 14mm, constatou-se uma concordância de aproximadamente 90% entre os valores obtidos, sendo a menor delas referente ao SP4.

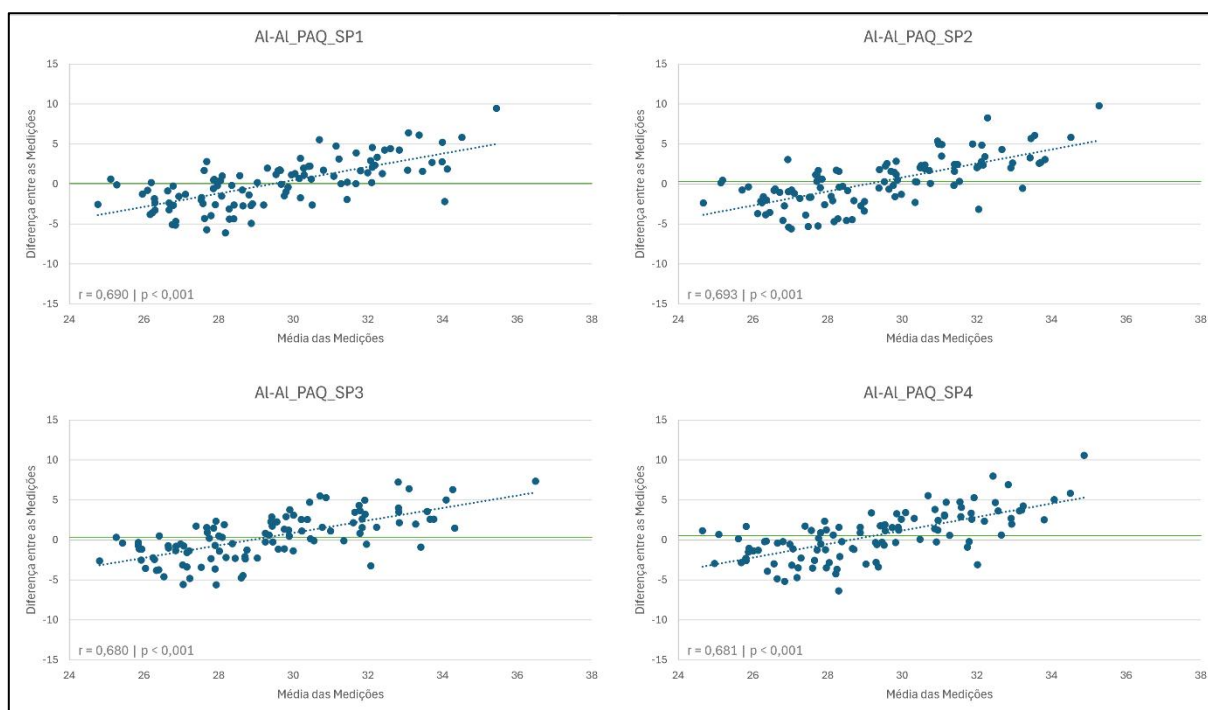
Figura 6 - Gráfico de Survival-Agreement mostrando a proporção de discordância entre paquímetro e SP para a medida Zy-Zy e o limite de tolerância clínica



Fonte: O Autor, 2024.

Os resultados relacionados à dimensão Al-Al, observados no gráfico de Bland-Altman (Figura 7), indicam que as medições realizadas através dos SPs resultaram em valores diferentes dos obtidos pelo paquímetro. A presença de um viés proporcional é observada em todos os gráficos devido a correlação positiva. Resumidamente, a tendência para médias de medições abaixo de 30mm demonstra que os SPs tendem a indicar valores maiores do que o paquímetro, invertendo-se esta relação a partir deste valor.

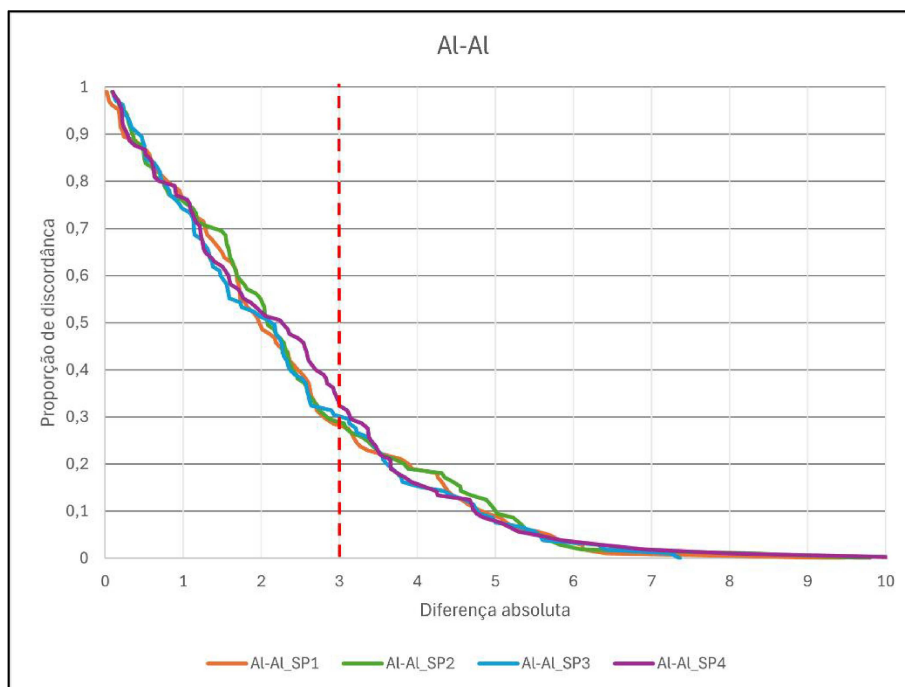
Figura 7 - Gráficos de Bland-Altman mostrando a diferença entre paquímetro e SP para a medida Al-Al



Fonte: O Autor, 2024.

Ao examinar o gráfico de Survival-Agreement (Figura 8), é possível observar que os valores de diferença absoluta entre os SPs são praticamente equivalentes, conforme demonstrado previamente através do cálculo do ICC. Ao estabelecer um limite de tolerância de 10% em relação à média da dimensão Al-Al (30mm), aceitando clinicamente uma diferença de até 3mm, constatou-se uma concordância de aproximadamente 70% entre os valores obtidos, sendo a menor delas referente ao SP4.

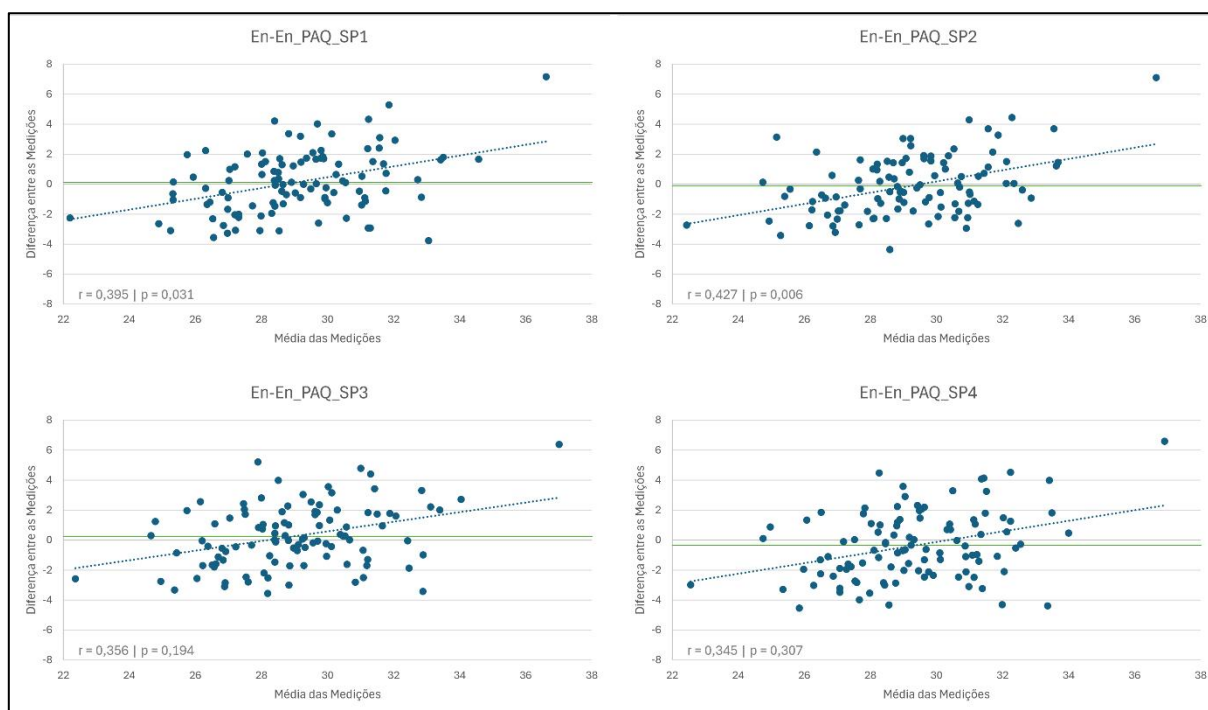
Figura 8 - Gráfico de Survival-Agreement mostrando a proporção de discordância entre paquímetro e SP para a medida Al-Al e o limite de tolerância clínica



Fonte: O Autor, 2024.

Os resultados relacionados à dimensão En-En, observados no gráfico de Bland-Altman (Figura 9), indicam que as medições realizadas através dos SPs resultaram em valores diferentes dos obtidos pelo paquímetro. A presença de um viés proporcional é observada em todos os gráficos devido a correlação positiva. Resumidamente, a tendência para médias de medições abaixo de 30mm demonstra que os SPs tendem a indicar valores maiores do que o paquímetro, invertendo-se esta relação a partir deste valor.

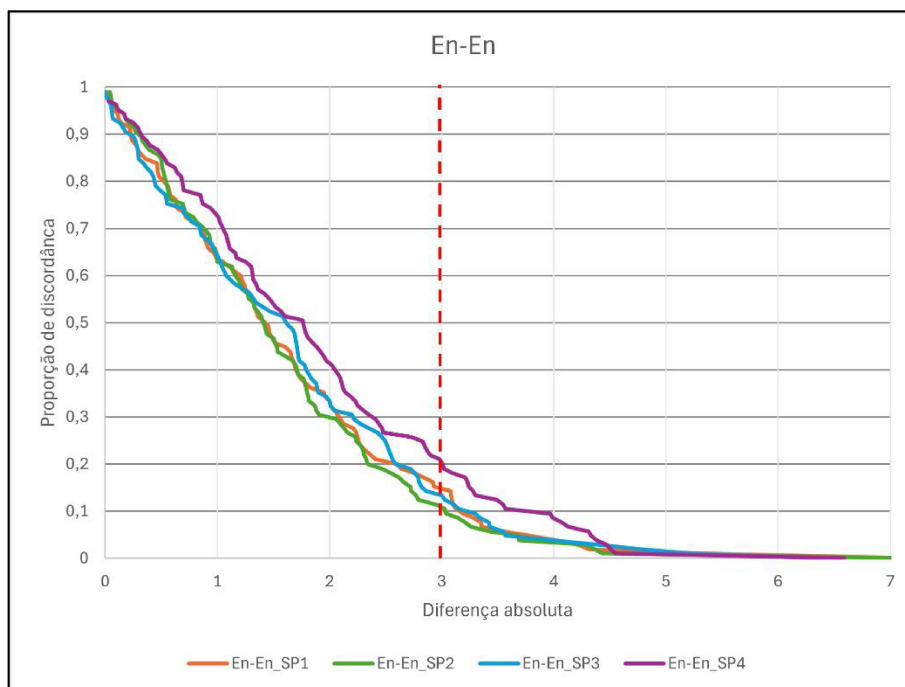
Figura 9 - Gráficos de Bland-Altman mostrando a diferença entre paquímetro e SP para a medida En-En



Fonte: O Autor, 2024.

Ao examinar o gráfico de Survival-Agreement (Figura 10), é possível observar que os valores de diferença absoluta entre os SPs são quase equivalentes, conforme demonstrado previamente através do cálculo do ICC. Ao estabelecer um limite de tolerância de 10% em relação à média da dimensão En-En (30mm), aceitando clinicamente uma diferença de até 3mm, constatou-se uma concordância entre 80% e 90% entre os valores obtidos, sendo a menor delas referente ao SP4.

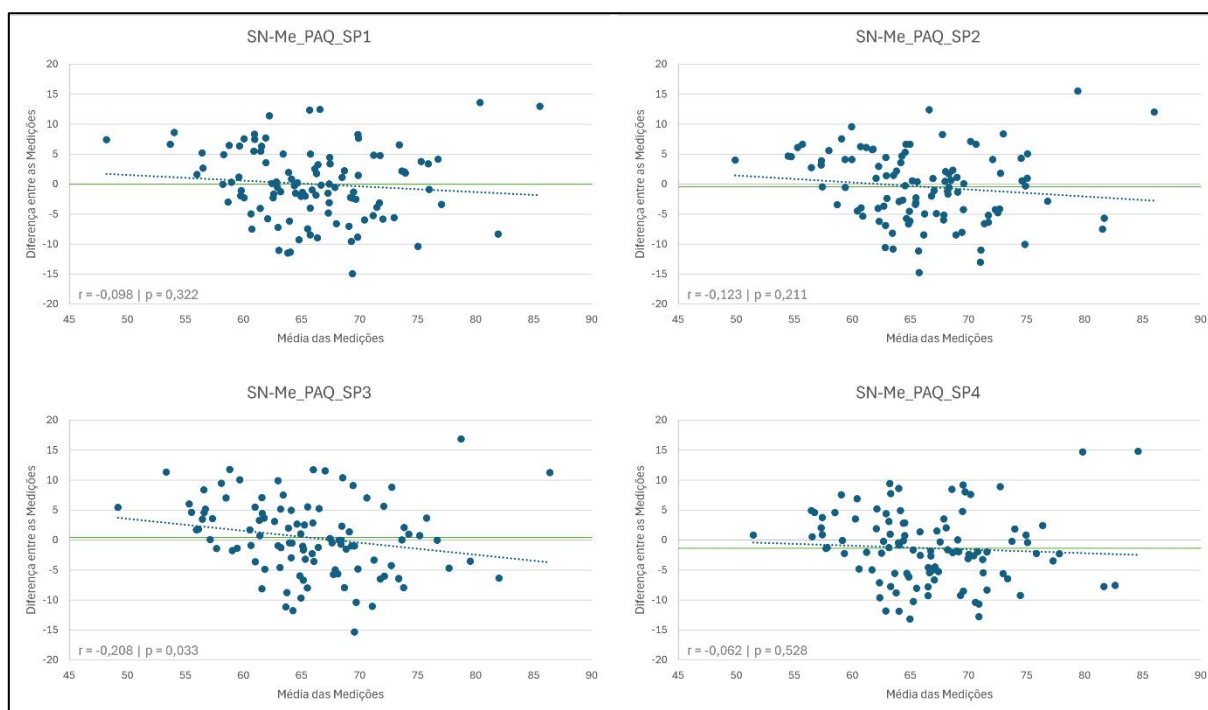
Figura 10 - Gráfico de Survival-Agreement mostrando a proporção de discordância entre paquímetro e SP para a medida En-En e o limite de tolerância clínica



Fonte: O Autor, 2024.

Os resultados relacionados à dimensão Sn-Me, observados no gráfico de Bland-Altman (Figura 11), indicam que as medições realizadas através dos SPs resultaram em valores diferentes dos obtidos pelo paquímetro. A presença de um viés proporcional é observada em todos os gráficos devido a correlação positiva, sendo a única medida que apresentou a tendência dessa forma. Resumidamente, a tendência para médias de medições acima de 67mm demonstra que os SPs tendem a indicar valores maiores do que o paquímetro, invertendo-se esta relação a partir deste valor.

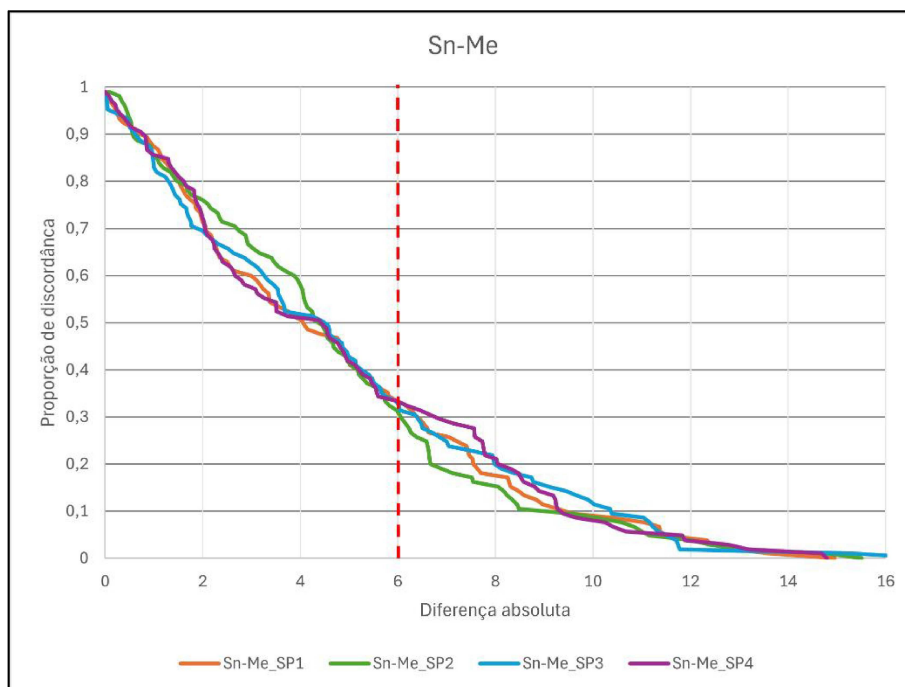
Figura 11 - Gráficos de Bland-Altman mostrando a diferença entre paquímetro e SP para a medida Sn-Me



Fonte: O Autor, 2024.

Ao examinar o gráfico de Survival-Agreement (Figura 12), é possível observar que os valores de diferença absoluta entre os SPs são quase equivalentes, conforme demonstrado previamente através do cálculo do ICC. Ao estabelecer um limite de tolerância de 10% em relação à média da dimensão Sn-Me (66mm), aceitando clinicamente uma diferença de até 6mm, constatou-se uma concordância de aproximadamente 70% entre os valores obtidos.

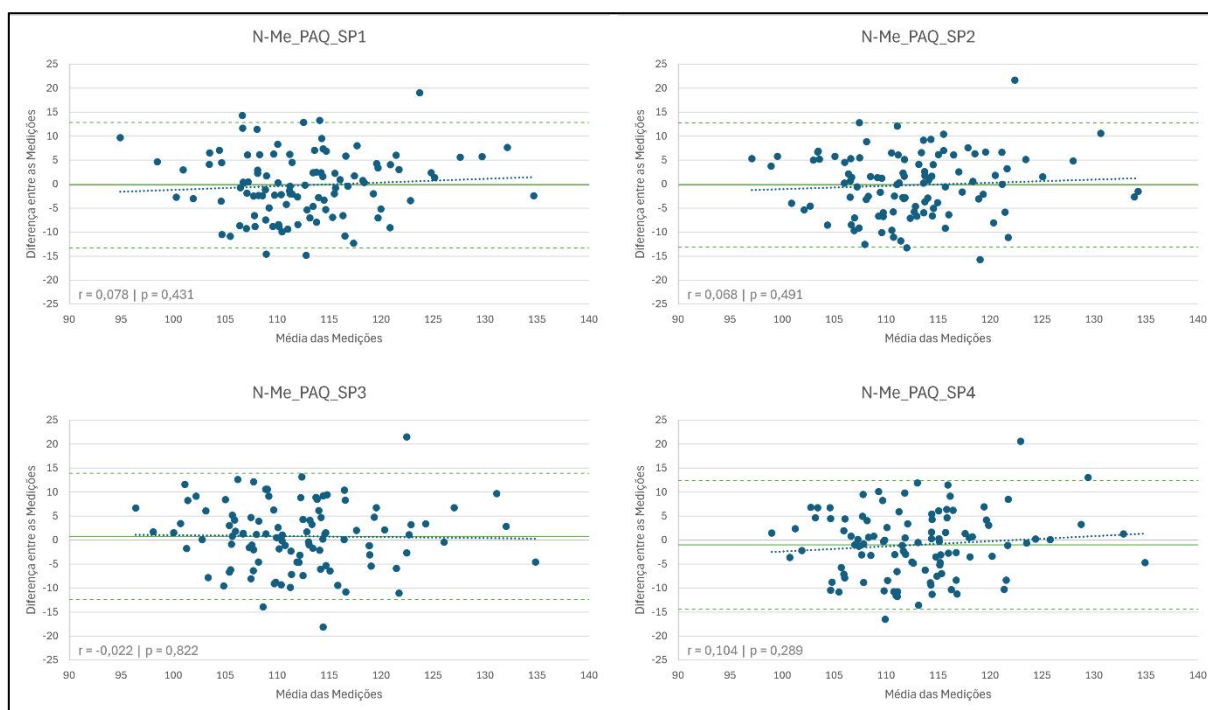
Figura 12 - Gráfico de Survival-Agreement mostrando a proporção de discordância entre paquímetro e SP para a medida Sn-Me e o limite de tolerância clínica



Fonte: O Autor, 2024.

Os resultados relacionados à dimensão N-Me, observados no gráfico de Bland-Altman (Figura 13), indicam que as medições realizadas através dos SPs resultaram em valores diferentes dos obtidos pelo paquímetro. A presença de um viés proporcional é observada nos gráficos 1, 2 e 4 devido a correlação positiva. Resumidamente, a tendência para médias de medições abaixo de 115mm demonstra que os SPs tendem a indicar valores maiores do que o paquímetro, invertendo-se esta relação a partir deste valor. No gráfico 3, a linha de tendência permanece praticamente paralela ao eixo X, sugerindo a ausência de viés proporcional.

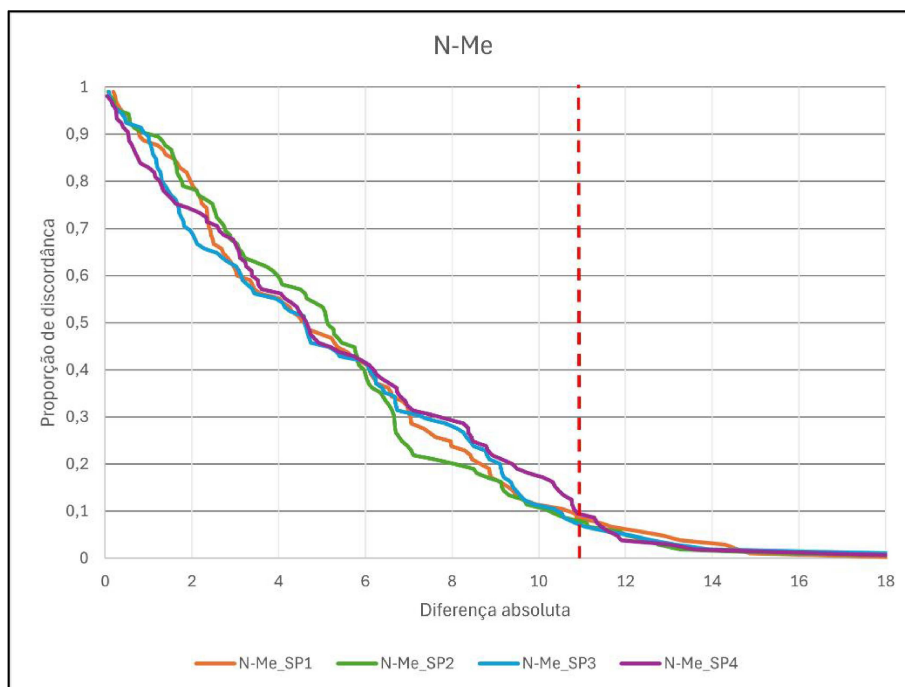
Figura 13 - Gráficos de Bland-Altman mostrando a diferença entre paquímetro e SP para a medida N-Me



Fonte: O Autor, 2024.

Ao examinar o gráfico de Survival-Agreement (Figura 14), é possível observar que os valores de diferença absoluta entre os SPs são praticamente equivalentes, conforme demonstrado previamente através do cálculo do ICC. Ao estabelecer um limite de tolerância de 10% em relação à média da dimensão N-Me (112mm), aceitando clinicamente uma diferença de até 14mm, constatou-se uma concordância de aproximadamente 90% entre os valores obtidos pelos SPs e paquímetro.

Figura 14 - Gráfico de Survival-Agreement mostrando a proporção de discordância entre paquímetro e SP para a medida N-Me e o limite de tolerância clínica



Fonte: O Autor, 2024.

3 DISCUSSÃO

Os resultados apresentados validam que o objetivo principal deste estudo foi alcançado, visto que o aplicativo desenvolvido foi capaz de medir todas as dimensões propostas. Isso representa um avanço em termos de ferramentas digitais, oferecendo aos profissionais uma alternativa tecnológica promissora para a prática clínica odontológica em geral.

O procedimento de medição direta pode ser demorado, influenciado pelo número de medições desejadas e pelo comportamento do examinado. É necessário um certo nível de habilidade para a correta realização das medições e a precisão depende diretamente da cooperação do examinado para garantir resultados aceitáveis (19). Assim, o emprego de ferramentas digitais que proporcionem benefícios adicionais pode ser considerado promissor.

Alguns autores já testaram essas medições a partir de outras ferramentas digitais, como Ghoddousi et al. (46), que avaliaram um sistema estereofotogramétrico 3D. Embora o sistema utilizado tenha demonstrado boa precisão para medições a partir dos modelos 3D, foi possível notar valores menores que o paquímetro quando comparados as medições em 2D. Isso, de certa forma, vai contra o que foi exposto neste estudo, uma vez que não foram identificados vieses fixos em nenhuma das dimensões analisadas, todas elas medidas a partir de imagens 2D.

Watarai et al (47) descreveram o uso de um "dispositivo de medição tridimensional sem contato", composto por um tablet e um dispositivo externo para captura de imagens. No entanto, a necessidade de adquirir dois dispositivos, ambos com alto custo, torna essa ferramenta menos atrativa do ponto de vista financeiro, em comparação com um aplicativo que pode ser instalado em praticamente qualquer smartphone que o profissional possua.

Um cenário semelhante foi observado no estudo de Ceinos et al (48), no qual um sistema que utiliza um espelho específico acoplado a uma câmera profissional para capturar múltiplas imagens foi avaliado. Embora essa abordagem seja interessante do ponto de vista tecnológico, ela depende de um dispositivo proprietário e de um computador para processamento, o que torna a solução menos prática e mais dispendiosa quando comparada a um aplicativo capaz de realizar medições similares em questão de segundos, diretamente de um smartphone.

A confiabilidade interexaminador, ao comparar os resultados gerados pelo APP em quatro diferentes SPs, foi consideravelmente satisfatória, demonstrando uma concordância

que varia de boa a ótima para cada medição individual. Esses resultados indicam que os APPs apresentam desempenho consistente, independentemente da qualidade da câmera ou do sistema operacional do SP utilizado.

Em destaque as dimensões Sn-Me e N-Me, representando respectivamente altura da face no terço inferior e inferior+médio, apresentaram os melhores resultados de concordância, com ICC ótimo, acima de 0,9. É possível justificar esse escore pelo fato de que falhas no posicionamento do paciente durante a captura da imagem frontal provavelmente não interferem nessas duas dimensões, já que é improvável que os pontos anatômicos relevantes sejam encobertos devido a um posicionamento inadequado sem que isso seja notado pelo operador.

De forma similar, foi observado ICC acima de 0,9 referente a dimensão Al-Al. Acredita-se que, por se tratar do ponto mais central e evidente numa foto frontal seja o mais fácil de ser mantido na posição correta durante a captura da imagem.

As demais dimensões Zy-Zy e En-En receberam escores de 0,895, representando boa concordância (uma escala abaixo da concordância ótima). É possível que, devido a falha no posicionamento do Examinador B (Figura 15), por exemplo, durante a troca dos SPs, essas dimensões possam ter sofrido distorções na fase de identificação dos pontos anatômicos pelo APP, reduzindo a concordância observada entre SPs.

Figura 15 – Falha do Examinador B durante a captura das imagens (1)



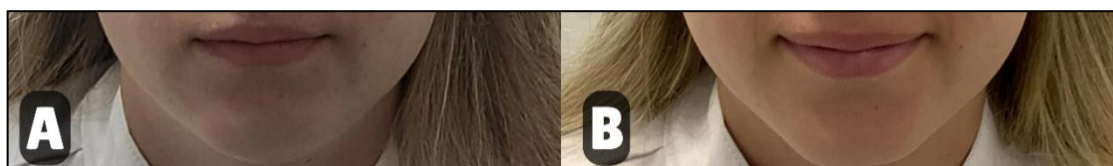
Legenda: A: Paciente posicionada corretamente (SP2); B: Cabeça lateralmente rotacionada para esquerda escondendo a região do tragus do mesmo lado (SP4).

Fonte: O Autor, 2024.

A dimensão Ch-Ch, recebeu o menor dos escores ICC: 0,849, porém ainda resultando em boa concordância. Entende-se que as diferenças observadas nessas comparações possam

ser atribuídas ao fato de o paciente não ter conseguido manter uma expressão neutra durante as capturas, como evidenciado na Figura 16, onde é possível observar um leve sorriso na imagem do SP1 que resultou no deslocamento das comissuras para cima e para o lado. Esse movimento sutil foi capaz de gerar uma diferença de 3,2mm entre os dispositivos (SP1: 55,3mm e SP3: 52,1mm).

Figura 16 – Falha do Examinador B durante a captura das imagens (2)



Legenda: A: Paciente com expressão neutra (SP3); B: com leve sorriso (SP1).

Fonte: O Autor, 2024.

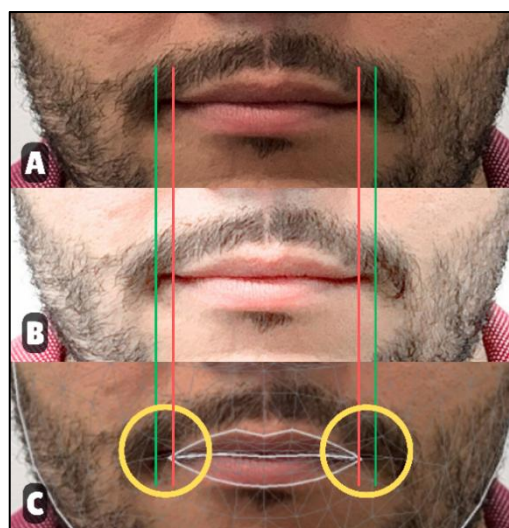
Antes da implementação de um novo método diagnóstico, é imperativo avaliar até que ponto os resultados divergem daqueles obtidos através de ferramentas convencionais (44,49), portanto, a capacidade do APP, utilizado em diferentes SPs, de mensurar distâncias entre pontos anatômicos diversos foi comparada aos resultados medidos utilizando paquímetros.

Neste estudo, o paquímetro foi adotado como o "padrão ouro" devido à sua ampla utilização na literatura (4,6–16). Dispositivos especializados, desenvolvidos com o intuito de minimizar possíveis erros no processo de medição ou tornar o processo mais prático, foram criados (15,20,21). No entanto, parece que esses dispositivos não alcançaram relevância clínica devido à sua alta especificidade ou às limitações financeiras associadas. Nesse contexto, o APP se destaca como uma ferramenta que pode ser facilmente instalada em qualquer SP, proporcionando maior flexibilidade e acessibilidade no uso, sem a necessidade de adquirir um novo dispositivo dedicado.

O método por vezes referido como o "padrão ouro", não necessariamente garante medições livres de erro (18,43). É fundamental destacar que o uso do paquímetro requer contato direto com a face do paciente para garantir medições precisas, embora esta seja uma região que apresenta alguns desafios. A falta de contato adequado com a face pode levar a um posicionamento inadequado do instrumento, enquanto a aplicação de pressão excessiva pode distorcer o ponto a ser medido. Por exemplo, ao medir a largura do nariz (dimensão Al-Al), aplicar pressão na região alar pode resultar em uma medida reduzida. Nesse aspecto, o uso do aplicativo se destaca, uma vez que não requer contato direto para realizar as medições, tornando-o uma opção mais conveniente e possivelmente mais acurada.

A análise dos dados referentes ao participante número 90 possibilitou destacar uma vulnerabilidade no processo de marcação dos pontos anatômicos pelo APP, possivelmente devido à presença de sombras que impediram a correta marcação das comissuras labiais (Ch-Ch). Essa falha pode ter sido causada pela iluminação inadequada e/ou pela presença de pelos faciais ao redor da região. Ao realçar o brilho da imagem, a área onde o paquímetro foi possivelmente posicionado se torna mais visível (Figura 17). Essa discrepância na correta identificação dos pontos anatômicos pode ter contribuído para as diferenças observadas nas medições (Paquímetro: 60,4mm e SP1: 48,9mm).

Figura 17 - Falha na marcação das comissuras pelo APP no SP1



Legenda: Linha vermelha mostrando a marcação do APP e linha verde onde o paquímetro pode ter sido posicionado.

A: Imagem original; B: Imagem tratada; C: Imagem marcada.

Fonte: O Autor, 2024.

Nos resultados expostos, foi possível observar a presença de discordância em todas as dimensões analisadas, ou seja, os SPs não reproduzem exatamente os mesmos valores medidos através dos paquímetros. Isso pode ser analisado ao se observar que os pontos nos gráficos de Bland-Altman variam na distância em que se situam ao redor da média. Existe a suspeita de que essa discordância seja devida a forma como o APP consegue inferir as medidas sem utilizar uma escala, além da já citada dificuldade no posicionamento do paciente para repetição da captura de imagens em 4 diferentes SPs.

O uso da análise gráfica de Bland-Altman permitiu avaliar os limites de concordância entre métodos de medição, porém esse método estatístico não determina se esses limites são

aceitáveis ou não. O que constitui tais limites não é uma decisão estatística, mas sim uma decisão clínica (42). Com base nesse princípio, as médias dos valores obtidos com uso dos paquímetros foram utilizadas para estabelecer os limites de tolerância clínica em 10% para cada dimensão avaliada. É importante ressaltar que mesmo o paquímetro, considerado o "padrão-ouro", não garante uma correlação intraexaminador consistente (17,18). Torna-se essencial reconhecer que ambos os métodos possuem limitações, como a necessidade de contato direto (paquímetro) e o posicionamento preciso durante a captura da imagem (APP). Esta limitação do APP pode ser corrigida ao se construir uma forma de validação da posição do paciente antes da captura da imagem, guiando o usuário durante o processo.

Silva et al. (20) mencionaram a necessidade de habilidades em informática como um fator limitante na maioria dos softwares projetados para planejamento odontológico. O APP apresentado neste estudo demonstra que foi possível obter rapidamente informações valiosas para o planejamento odontológico (em poucos segundos) e de maneira intuitiva (por meio da captura de uma imagem frontal). Isso foi alcançado sem exigir que o operador possuísse conhecimento técnico avançado, apenas habilidades básicas de manuseio da câmera de um SP.

Os resultados obtidos pelo APP para medição facial automatizada demonstram relevância clínica, oferecendo uma alternativa viável e eficaz ao paquímetro tradicional. Além de servir como um CDSS, auxiliando os profissionais da Prótese Dentária no planejamento reabilitador, essa tecnologia também mostra potencial de aplicação em áreas como Cirurgia Bucomaxilofacial e Ortodontia. O uso do APP por profissionais destas especialidades pode ser conveniente devido à sua capacidade de medir múltiplas dimensões faciais de forma prática e rápida a partir de uma única fotografia frontal do rosto do paciente, proporcionando uma avaliação mais abrangente e eficiente. Essa integração entre tecnologia e odontologia abre novas possibilidades para o uso de ferramentas digitais na área.

CONCLUSÃO

- O APP foi capaz de realizar a mensuração das distâncias entre pontos anatômicos faciais.
- Os resultados demonstraram que houve concordância entre os resultados gerados a partir de diferentes SPs.
- A concordância estatística foi moderada entre os resultados gerados pelo APP em relação as medições realizadas pelos paquímetros, porém, ao se admitir certo grau de tolerância, os resultados são clinicamente aceitáveis.

REFERÊNCIAS

1. Young HA. Selecting the anterior tooth mold. J Prosthet Dent [Internet]. 1º de novembro de 1954 [citado 5 de março de 2022];4(6):748–60. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022391354900414>
2. Clapp GW. How the science of esthetic tooth-form selection was made easy. J Prosthet Dent [Internet]. setembro de 1955;5(5):596–608. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022391355900858>
3. Krajicek DD. Natural appearance for the individual denture patient. J Prosthet Dent. 1º de março de 1960;10(2):205–14.
4. Kern BE. Anthropometric parameters of tooth selection. Journal of Prosthetic Dentistry [Internet]. 1º de maio de 1967 [citado 5 de março de 2022];17(5):431–7. Disponível em: <http://www.thejpd.org/article/0022391367901400/fulltext>
5. Vasantha Kumar M, Ahila SC, Suganya Devi S. The Science of Anterior Teeth Selection for a Completely Edentulous Patient: A Literature Review. The Journal of Indian Prosthodontic Society [Internet]. 30 de março de 2011;11(1):7–13. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s13191-011-0058-9>
6. Scandrett FR, Kerber PE, Umrigar ZR. A clinical evaluation of techniques to determine the combined width of the maxillary anterior teeth and the maxillary central incisor. J Prosthet Dent [Internet]. julho de 1982;48(1):15–22. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022391382900415>
7. Varjão FM, Nogueira SS. Intercommissural width in 4 racial groups as a guide for the selection of maxillary anterior teeth in complete dentures. Int J Prosthodont [Internet]. 2005;18(6):513–5. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16335171>
8. Latta GH, Weaver JR, Conkin JE. The relationship between the width of the mouth, interalar width, bizygomatic width, and interpupillary distance in edentulous patients. J Prosthet Dent [Internet]. 1º de fevereiro de 1991 [citado 5 de março de 2022];65(2):250–4. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022391391901702>
9. Al Wazzan KA. The relationship between intercanthal dimension and the widths of maxillary anterior teeth. J Prosthet Dent [Internet]. dezembro de 2001;86(6):608–12. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022391301562605>
10. Abdullah MA. Inner canthal distance and geometric progression as a predictor of maxillary central incisor width. J Prosthet Dent [Internet]. julho de 2002;88(1):16–20. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022391302000422>
11. Mavroskoufis F, Ritchie GM. Nasal width and incisive papilla as guides for the selection and arrangement of maxillary anterior teeth. J Prosthet Dent [Internet]. junho de 1981;45(6):592–7. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022391381904170>

12. Varjão FM, Nogueira SS. Nasal width as a guide for the selection of maxillary complete denture anterior teeth in four racial groups. *J Prosthodont* [Internet]. novembro de 2006 [citado 1º de março de 2022];15(6):353–8. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17096807/>
13. Hoffman W, Bomberg TJ, Hatch RA. Interalar width as a guide in denture tooth selection. *J Prosthet Dent* [Internet]. 1º de fevereiro de 1986 [citado 5 de março de 2022];55(2):219–21. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022391386903483>
14. Smith BJ. The value of the nose width as an esthetic guide in prosthodontics. *J Prosthet Dent* [Internet]. 1º de novembro de 1975 [citado 5 de março de 2022];34(5):562–73. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/002239137590044X>
15. Tripathi S, Aeran H, Yadav S, Singh SP, Singh RD, Chand P. Canine Tip Marker: A Simplified Tool for Measuring Inter canine Distance. *Journal of Prosthodontics*. julho de 2011;20(5):391–8.
16. Sears VH. Selection of Anterior Teeth for Artificial Dentures. *The Journal of the American Dental Association* [Internet]. junho de 1941;28(6):928–35. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002817741860097>
17. Mollov N, Bosio JA, Pruszyński J, Wirtz T. Intra- and inter-examiner reliability of direct facial soft tissue measurements using digital calipers. *J World Fed Orthod*. dezembro de 2012;1(4):e157–61.
18. Mommaerts MY, Moerenhout BAMML. Reliability of clinical measurements used in the determination of facial indices. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. julho de 2008;36(5):279–84.
19. Farkas LG, Deutsch CK. Anthropometric determination of craniofacial morphology. *Am J Med Genet* [Internet]. 2 de outubro de 1996;65(1):1–4. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajmg.1320650102>
20. Silva ADO, Fabre HSC, Ursi WJS, Hoepfner MG, Do Amaral ALM. Anterior Upper Teeth Golden Proportion Analysis with Millimetric Templates: An Invention Developed at Londrina State University. Testarelli L, organizador. *Int J Dent* [Internet]. 5 de dezembro de 2022;2022:1–10. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/ijd/2022/1520812/>
21. Varghese KG, Kurian N, Gandhi N. A technique for selecting complete denture teeth by attaching printed tooth mold images. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1º de agosto de 2022;128(2):225–6.
22. Ceinos R, Tardivo D, Bertrand M, Lupi-Pegurier L. Inter- and Intra-Operator Reliability of Facial and Dental Measurements Using 3D-Stereophotogrammetry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* [Internet]. 17 de maio de 2016;28(3):178–89. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jerd.12194>
23. Watarai Y, Koide K, Ota S, Mizuhashi F. Examination of facial measurement on the image using a noncontact three-dimensional measurement device. *J Family Med Prim Care*

[Internet]. 2022;11(12):7776. Disponível em:
https://journals.lww.com/10.4103/jfmpc.jfmpc_760_22

24. Ghoddousi H, Edler R, Haers P, Wertheim D, Greenhill D. Comparison of three methods of facial measurement. *Int J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. março de 2007;36(3):250–8. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0901502706004103>
25. Giacomini GO, Antonioli C, Tibúrcio-Machado CS, Fontana MP, Liedke GS. The use of smartphones in radiographic diagnosis: accuracy on the detection of marginal gaps. *Clin Oral Investig* [Internet]. 19 de abril de 2019;23(4):1993–6. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00784-019-02848-6>
26. Caruso S, Caruso S, Pellegrino M, Skafi R, Nota A, Tecco S. A Knowledge-Based Algorithm for Automatic Monitoring of Orthodontic Treatment: The Dental Monitoring System. Two Cases. *Sensors* [Internet]. 7 de março de 2021;21(5):1856. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/5/1856>
27. Dalessandri D, Sangalli L, Tonni I, Laffranchi L, Bonetti S, Visconti L, et al. Attitude towards Telemonitoring in Orthodontists and Orthodontic Patients. *Dent J (Basel)* [Internet]. 22 de abril de 2021;9(5):47. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-6767/9/5/47>
28. Thurzo A, Strunga M, Havlínová R, Reháková K, Urban R, Surovková J, et al. Smartphone-Based Facial Scanning as a Viable Tool for Facially Driven Orthodontics? *Sensors* [Internet]. 12 de outubro de 2022;22(20):7752. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/20/7752>
29. Piedra-Cascón W, Meyer MJ, Methani MM, Revilla-León M. Accuracy (trueness and precision) of a dual-structured light facial scanner and interexaminer reliability. *J Prosthet Dent* [Internet]. novembro de 2020;124(5):567–74. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022391319306894>
30. Jorquera GJ, Atria PJ, Galán M, Feureisen J, Imbarak M, Kernitsky J, et al. A comparison of ceramic crown color difference between different shade selection methods: Visual, digital camera, and smartphone. *J Prosthet Dent* [Internet]. 1º de outubro de 2022;128(4):784–92. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022391320305886>
31. Kusayanagi T, Maegawa S, Terauchi S, Hashimoto W, Kaneda S. A Smartphone Application for Personalized Tooth Shade Determination. *Diagnostics*. 1º de junho de 2023;13(11).
32. Di Fede O, Panzarella V, Buttacavoli F, La Mantia G, Campisi G. Doctoral: A smartphone-based decision support tool for the early detection of oral potentially malignant disorders. *Digit Health* [Internet]. 25 de janeiro de 2023;9:205520762311771. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/20552076231177141>
33. Benoit B, Frédéric B, Jean-Charles D. Current state of dental informatics in the field of health information systems: a scoping review. *BMC Oral Health*. 1º de dezembro de 2022;22(1).
34. Mendonça EA. Clinical decision support systems: perspectives in dentistry. *J Dent Educ* [Internet]. junho de 2004;68(6):589–97. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15217078>

35. Fatima A, Shafi I, Afzal H, Díez IDLT, Lourdes DRSM, Breñosa J, et al. Advancements in Dentistry with Artificial Intelligence: Current Clinical Applications and Future Perspectives. *Healthcare* [Internet]. 31 de outubro de 2022;10(11):2188. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9032/10/11/2188>
36. Rodrigues JA, Krois J, Schwendicke F. Demystifying artificial intelligence and deep learning in dentistry. *Braz Oral Res* [Internet]. 2021;35:1–7. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242021000100604&tlng=en
37. Shan T, Tay FR, Gu L. Application of Artificial Intelligence in Dentistry. *J Dent Res* [Internet]. 29 de março de 2021;100(3):232–44. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33118431>
38. Revilla-León M, Gómez-Polo M, Vyas S, Barmak BA, Gallucci GO, Att W, et al. Artificial intelligence models for tooth-supported fixed and removable prosthodontics: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry* [Internet]. 2021 [citado 5 de março de 2022];0(0). Disponível em: <http://www.thejpd.org/article/S0022391321003097/fulltext>
39. David Poole, Alan Mackworth, Randy Goebel. *Computational Intelligence - A Logical Approach*. Oxford University Press. 1998;
40. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med*. junho de 2016;15(2):155–63.
41. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 8 de fevereiro de 1986;1(8476):307–10.
42. Bland JM, Altman DG. Applying the right statistics: analyses of measurement studies. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology* [Internet]. 9 de julho de 2003;22(1):85–93. Disponível em: <https://obgyn.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/uog.122>
43. Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res* [Internet]. 2 de abril de 1999;8(2):135–60. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/096228029900800204>
44. Luiz R. Assessment of agreement of a quantitative variable: a new graphical approach. *J Clin Epidemiol*. outubro de 2003;56(10):963–7.
45. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med*. junho de 2016;15(2):155–63.
46. Ghoddousi H, Edler R, Haers P, Wertheim D, Greenhill D. Comparison of three methods of facial measurement. *Int J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. março de 2007;36(3):250–8. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0901502706004103>
47. Watarai Y, Koide K, Ota S, Mizuhashi F. Examination of facial measurement on the image using a noncontact three-dimensional measurement device. *J Family Med Prim Care* [Internet]. 2022;11(12):7776. Disponível em: https://journals.lww.com/10.4103/jfmpc.jfmpc_760_22

48. Ceinos R, Tardivo D, Bertrand M, Lupi-Pegurier L. Inter- and Intra-Operator Reliability of Facial and Dental Measurements Using 3D-Stereophotogrammetry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* [Internet]. 17 de maio de 2016;28(3):178–89. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jerd.12194>
49. van Stralen KJ, Dekker FW, Zoccali C, Jager KJ. Measuring Agreement, More Complicated Than It Seems. *Nephron Clin Pract*. 19 de junho de 2012;120(3):c162–7.