



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Faculdade de Engenharia

Campus de Ilha Solteira

RAFAEL JOSÉ GINUINO DA SILVA

**COMPARAÇÃO DE VARIÁVEIS DE ESTABILOMETRIA ENTRE DOIS
BAROPODÔMETROS E UMA PLATAFORMA DE FORÇA**

Ilha Solteira

2022

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

RAFAEL JOSÉ GINUINO DA SILVA

**COMPARAÇÃO DE VARIÁVEIS DE ESTABILOMETRIA ENTRE DOIS
BAROPODÔMETROS E UMA PLATAFORMA DE FORÇA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia – UNESP – Campus de Ilha Solteira, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.
Área de Conhecimento: Automação.

Orientador: Prof. Dr. Aparecido Augusto de Carvalho

Ilha Solteira

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S586c Silva, Rafael José Ginuino.
Comparação de variáveis de estabilometria entre dois baropodômetros e uma plataforma de força / Rafael José Ginuino Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022 59 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação, 2022

Orientador: Aparecido Augusto de Carvalho
Inclui bibliografia

1. Baropodômetros. 2. Plataforma de força. 3. Centro de pressão. 4. Estabilometria.

Raiane da Silva Santos
Raiane da Silva Santos

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Comparação de variáveis de estabilometria entre dois baropodômetros e uma plataforma de força

AUTOR: RAFAEL JOSÉ GINUINO DA SILVA

ORIENTADOR: APARECIDO AUGUSTO DE CARVALHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ENGENHARIA ELÉTRICA, área: Automação pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. APARECIDO AUGUSTO DE CARVALHO (Participação Virtual) 
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. MARCELO AUGUSTO ASSUNÇÃO SANCHES (Participação Virtual) 
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. FABIAN RODRIGO CASTRO FORERO (Participação Virtual) 
Programa Ingeniería Electrónica / Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Ilha Solteira, 02 de fevereiro de 2022

*Dedico este trabalho a Deus e a minha
família, em especial aos meus pais:
Maria do Socorro e Antônio Lino,
por estarem presente, sempre auxiliando
e me motivando.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, porque Ele é a fonte de todo conhecimento, e fornece entendimento e sabedoria a quem o busca.

A minha família pela compreensão e apoio em minha decisão de continuar aperfeiçoando meus conhecimentos, mesmo estando distante fisicamente de todos, eles continuam presentes em meu coração.

A Rafael Máximo, meu amigo e irmão em Cristo, pelo apoio e suporte durante o período de pandemia juntamente com todos os amigos e irmãos da igreja.

A Andressa Costa por todo o esforço e ajuda durante toda a fase de testes e coletas e também a todos

Ao meu orientador, Prof. Dr. Aparecido Augusto de Carvalho pelo suporte ao promover reuniões e debates com pesquisadores nos momentos de dúvida, por ter entrado em contato com os responsáveis para empréstimo dos instrumentos utilizados na pesquisa, por me receber e fornecer a oportunidade de trabalhar com o grupo LIEB.

Ao Prof. Dr. Marcelo Sanches, Prof. Dr. Adalberto Corazza, Prof. Dr. Fabian Castro pela disponibilidade e ajuda seja presencialmente ou não ao decorrer do mestrado, muito obrigado.

Ao Dr. José Angelo Barela pelo empréstimo da plataforma de força utilizada nas coletas e pelo suporte prestado.

A empresa HS technology pelo empréstimo do baropodômetro comercial e pelo incentivo a pesquisa por meio desse ato.

Aos voluntários que se disponibilizaram para as coletas desse trabalho.

E um agradecimento especial a todos que possam não ter sido citados, mas que certamente sua contribuição auxiliou em minha jornada até aqui.

“Porque a sabedoria serve de defesa, como de defesa serve o dinheiro; mas a excelência do conhecimento é que a sabedoria dá vida ao seu possuidor.”

Eclesiastes 7:12

RESUMO

O campo de estudos envolvendo o equilíbrio corporal possui diferentes instrumentos que foram desenvolvidos com o objetivo de realizar medições biomecânicas, sendo um deles a plataforma de força. Esse trabalho teve como objetivo realizar a comparação entre dois baropodômetros e uma plataforma de força, averiguando se esses equipamentos com características construtivas diferentes podem obter resultados próximos. Os testes foram realizados em duas etapas principais: na primeira foram comparados os centros de pressão e para isso utilizadas o acréscimo de massas conhecidas sobre locais demarcados nos equipamentos e também um conjunto de massas leves posicionadas nos vértices de um triângulo equilátero, na segunda etapa foi utilizado os dados coletados do grupo de 10 voluntários com foco na análise das variáveis estabilométricas. Das análises estáticas realizadas com as massas foram obtidos valores diferentes entre a plataforma de força da empresa Kistler e o baropodômetro LiebScan desenvolvido no LIEB, o que indicou que a acuraria tende a aumentar em relação a quantidade de massa sobre os equipamentos. Para as análises com os voluntários foram aplicadas diferentes técnicas estatísticas que resultaram em uma relação alta e moderada entre alguns conjuntos de variáveis da plataforma de força e o baropodômetro BaroScan da empresa HS technology. Quando utilizada testes de comparação entre grupos e equipamentos, foi constatado os valores médios das variáveis são estatisticamente semelhantes entre a plataforma de força e baropodômetro LiebScan.

Palavras-chave: Baropodômetros. Plataforma de força. Centro de Pressão. Estabilometria.

ABSTRACT

The field of studies involving body balance has different instruments that were developed with the objective of performing biomechanical measurements, one of them being the force platform. This study aimed at comparing two baropodometers and a force platform, in order to verify whether this equipment, with different construction characteristics, can obtain similar results. The tests were performed in two main stages: in the first one, the pressure centers were compared, and for that, it was used the addition of known masses on marked places in the equipment, and also a set of light masses positioned on the vertices of an equilateral triangle. In the second stage, it was used the data collected from the group of 10 volunteers, focusing on the analysis of the stabilometric variables. From the static analyses performed with the masses different values were obtained between the Kistler force platform and the LiebScan baropodometer developed at LIEB, which indicated that the accuracy tends to increase in relation to the amount of mass on the equipment. For the analyses with the volunteers, different statistical techniques were applied, which resulted in a high and moderate relationship between some sets of variables of the force platform and the BaroScan baropodometer from HS technology company. When used comparison tests between groups and equipment, it was found that the mean values of the variables are statistically similar between the force platform and LiebScan baropodometer.

Keywords: Baropodometer. Force platform. Center of pressure. Stabilometry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Deslocamento do centro de pressão.....	17
Figura 2 - Estabilograma e Estatocinesigrama.....	18
Figura 3 - Plataforma de força 3D portátil - Kistler	20
Figura 4 - LiebScan	22
Figura 5 – BaroScan	23
Figura 6 - Massas posicionadas na origem da plataforma de força	25
Figura 7 - Esquema de marcações realizadas na plataforma de força	26
Figura 8 -Esquema de marcações realizadas no LiebScan	26
Figura 9 - Esquema utilizado para estudo do baricentro	27
Figura 10 - Massas posicionadas sobre o baricentro no eixo y positivo.....	28
Figura 11 - Massas posicionadas no baricentro do LiebScan na origem	28
Figura 12 - Equipamentos posicionados para coletas.....	29
Figura 13 - COP com massa de 4 kg posicionada no ponto médio (0,0) da superfície do BaroScan.....	35
Figura 14 – Demonstração de estabilograma da plataforma Kistler.....	36
Figura 15 - COP com massa de 4 kg posicionada no ponto médio (0,0) da superfície do LiebScan	36
Figura 16 - Amplitude AP – OA – Kistler X LiebScan (Bland-Altman)	50
Figura 17 - Amplitude AP – OF – Kistler X LiebScan (Bland-Altman)	50
Figura 18 - Amplitude ML – OF – Kistler X LiebScan (Bland-Altman)	51
Figura 19 - Desvio padrão AP – OA – Kistler X LiebScan (Bland-Altman)	52
Figura 20 - Desvio padrão AP – OF – Kistler X LiebScan (Bland-Altman)	52
Figura 21 - Desvio padrão ML – OA – Kistler X LiebScan (Bland-Altman).....	53
Figura 22 - Desvio padrão ML – OF – Kistler X LiebScan (Bland-Altman).....	54
Figura 23 - Desvio padrão ML - OF - LiebScan X BaroScan (Bland-Altman).....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis estabilométricas.....	21
Tabela 2 - Análise utilizando massas na plataforma de força (médio-lateral)	37
Tabela 3 - Análise utilizando massas na plataforma de força (anterior-posterior).....	38
Tabela 4 - Análise utilizando massas no baropodômetro (médio-lateral).....	39
Tabela 5 - Análise utilizando massas no baropodômetro (anterior-posterior)	39
Tabela 6 - Análise de baricentros na plataforma de força	40
Tabela 7 - Análise de baricentros no baropodômetro.....	41
Tabela 8 -Correlação de Pearson para as velocidades média dos voluntários.....	42
Tabela 9 - Correlação de Pearson para as amplitudes dos voluntários	43
Tabela 10 - Correlação de Pearson para o desvio padrão dos voluntários.....	44
Tabela 11 - Velocidade médio-lateral com olhos abertos (Tukey).....	45
Tabela 12 - Velocidade anterior-posterior com olhos abertos (Tukey)	46
Tabela 13 - Velocidade médio-lateral com olhos fechados (Tukey)	46
Tabela 14 - Velocidade anterior-posterior com olhos fechados (Tukey)	46
Tabela 15 - Desvio padrão médio lateral com olhos abertos (Tukey)	47
Tabela 16 - Desvio padrão anterior-posterior com olhos abertos (Tukey).....	47
Tabela 17 - Desvio padrão médio lateral com olhos fechados (Tukey).....	47
Tabela 18 - Desvio padrão anterior-posterior com olhos fechados (Tukey).....	47
Tabela 19 - Amplitude médio-lateral com olhos abertos (Tukey)	48
Tabela 20 - Amplitude anterior-posterior com olhos abertos (Tukey).....	48
Tabela 21 - Amplitude médio lateral com olhos fechados (Tukey).....	48
Tabela 22 - Amplitude anterior-posterior com olhos fechados (Tukey)	49

SIGLAS

AP – Anterior-posterior

ANOVA – *Analysis of Variance* – Análise de variância

COP – *Center of Pressure* – Centro de pressão

COM – Center of Mass – Centro de massa

LIEB – Laboratório de Instrumentação e Engenharia Biomédica

ML – Médio-lateral

OA – Olhos abertos

OF – Olhos fechados

R – Coeficiente de Pearson

RMSE – *Root mean squared error* – raiz do erro quadrático médio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	ANÁLISE POSTURAL	16
2.1.1	Centro de Pressão.....	17
2.1.2	Estabilometria.....	18
2.2	OBJETIVO GERAL.....	19
2.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	19
3	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1	PLATAFORMA DE FORÇA.....	20
3.1.1	Kistler 9286A	20
3.2	BAROPODÔMETROS.....	21
3.2.1	LiebScan.....	22
3.2.2	BaroScan.....	22
3.3	COLETA DE DADOS.....	23
3.3.1	Massas conhecidas	24
3.3.2	Baricentros	27
3.3.3	Voluntários.....	29
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	30
3.4.1	Correlação de Pearson.....	30
3.4.2	Teste ANOVA e Tukey	31
3.4.3	Teste de Bland-Altman	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1	AVALIAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	34

4.1.1	Kistler x LiebScan: análise do COP.....	34
4.1.2	Kistler x BaroScan x LiebScan: análises estabilométricas	41
5	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

O equilíbrio corporal é o resultado de um complexo fenômeno sensoriomotor gerado por meio da integração de informações vindas de três sistemas sensoriais: o visual, o vestibular (detecta a posição e o movimento da cabeça) e proprioceptivo, que é a percepção ou sensibilidade de posição (ROMERO, MOTA, *et al.*, 2021).

Para o caso onde o equilíbrio estático é alcançado, duas condições devem ser consideradas: o peso aplicado ao centro de massa e as forças de reação ao centro de pressão da superfície devem ser iguais e opostas; o centro de gravidade e o centro de pressão estarem alinhados verticalmente (SAFI, MOHAMMED, *et al.*, 2017).

Através da medida do centro de pressão é possível se ilustrar os efeitos biomecânicos sobre as habilidades motoras, o que inclui o mecanismo de controle postural, em diversas áreas, como os estudos envolvendo distúrbios motores ou desordens genéticas (PRASERTSAKUL, KAIMUK, *et al.*, 2020).

Devido a importância da mensuração do deslocamento do centro de pressão em estudos envolvendo a estabilidade, vários instrumentos para pesquisas e/ou análises clínicas foram desenvolvidos, como demonstrado pelo grupo de Safi, Mohammed et al (2017), existe atualmente uma série de técnicas empregadas para a avaliação da estabilidade postural.

No presente trabalho, foi utilizada uma plataforma de força comercial como equipamento de referência para se determinar o centro de pressão devido ao seu longo histórico de aplicação em análises de equilíbrio estático, dentre outras análises biomecânicas (PRASERTSAKUL, KAIMUK, *et al.*, 2020).

Além da plataforma de força, foram utilizados baropodômetros, que também são instrumentos que realizam a medida de características biomecânicas, fornecendo a possibilidade de se determinar a trajetória do centro de pressão, o formato de aquisição de dados ocorre por meio da análise de pressão sobre a malha de sensores do equipamento, apresentando um princípio de funcionamento diferente da plataforma de força que mensura a magnitude e direção da força aplicada em sua superfície (VALERIO, GONÇALVES, *et al.*, 2020).

A questão que surge envolve se existe a possibilidade de se utilizar o baropodômetro como um equipamento que apresente o mesmo padrão de resposta que a plataforma de força que é um equipamento considerado padrão para análises de estabilidade e de centro de pressão em análises estáticas e dinâmicas.

Esse estudo teve como proposta verificar nível de semelhança existente entre uma plataforma de força comercial e dois baropodômetros, em exames estáticos utilizando massas conhecidas e de estabilometria através de coletas com voluntários por meio da análise do centro de pressão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ANÁLISE POSTURAL

A busca por métodos científicos para se realizar o registro das forças envolvendo o contato do pé com o solo se iniciou no século XIX. Foi utilizado um reservatório de ar para realizar a aferição das forças aplicadas pelo calcanhar e antepé, onde a principal limitação deste método é que ele só fornece informação unidimensional (SUTHERLAND, 2005).

A partir da primeira dedução sobre a possibilidade de se realizar uma mensuração tridimensional das forças de reação do solo, uma série de pesquisadores começaram a aplicar seus esforços para a elaboração de um equipamento funcional.

Como descrito por Sutherland (2005), por meio do trabalho de Cunningham e Brown foi obtido um modelo de plataforma com características voltadas ao uso clínico, já que ela realizava a medição das forças de reação do solo através da divisão em quatro componentes por meio da tecnologia de *strain gages*. Contudo, esse mecanismo possuía limitações envolvendo: sensibilidade a temperatura, sua construção era complexa e a necessidade de uma calibração constante.

Os esforços de diversos pesquisadores de diferentes áreas, atrelado com o desenvolvimento contínuo da tecnologia através das décadas, permitiu o desenvolvimento de instalações clínicas voltadas para a análise da cinemática, como laboratórios de marcha, onde a plataforma de força é um dos equipamentos clássicos para esse tipo de análise.

Dentre esses métodos, os sistemas mais complexos de aquisições das forças de reação do solo têm uma matriz de sensores que possibilitam a medição da pressão em diferentes zonas do pé separadamente, para assim obter informações significativas sobre a condição do paciente. Os exemplos comerciais desses tipos de equipamento são a plataforma de força, já abordada anteriormente, e o baropodômetro (HERRAN, ZAPIRAIN e ZORILLA, 2014).

Outros métodos complementares aplicados na análise postural e também na marcha são a avaliação do Centro de Pressão (Do inglês, *Center of Pressure* – COP), o mapeamento da distribuição da pressão e a estabilometria (CASTRO, 2019).

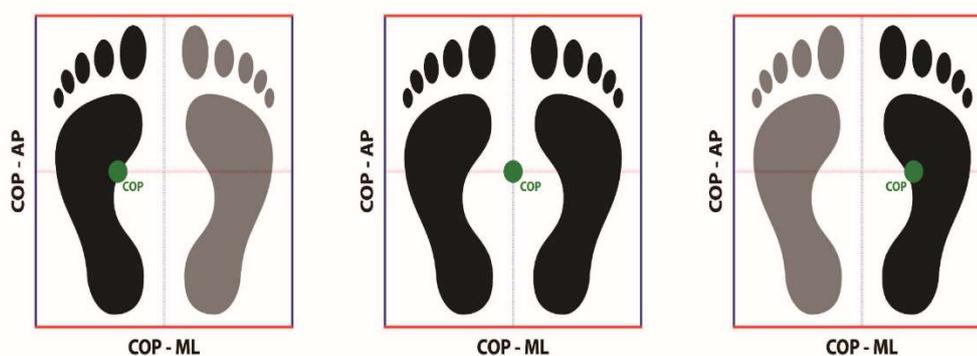
2.1.1 Centro de Pressão

O COP consiste em um vetor de posição bidimensional que representa o ponto de ação instantâneo da força de reação no solo que é gerada pelo contato do corpo com a superfície de apoio, fornecendo assim uma representação do deslocamento da força em relação ao tempo (CHERN, KAO, *et al.*, 2014).

Assim, enquanto o Centro de Massa (Do inglês, *Center of Mass*– COM) representa o ponto onde a massa corporal total pode ser assumida como concentrada a qualquer momento, o COP é o centro da distribuição de todas as forças aplicadas à superfície através dos pés durante o contato com o solo. Representando assim a média ponderada de todas as pressões aplicadas à área em que o pé está em contato com a superfície. É durante a marcha que o movimento do COP reflete a trajetória do COM, podendo assim também ser utilizado como uma forma indireta de se indicar a estabilidade dinâmica existente ou não durante a marcha humana (MEHDIZADEH, OOTEGHEM, *et al.*, 2021).

Para se analisar o COP, representado pela Figura 1, é necessário realizar sua decomposição em duas componentes ou direções, sendo a médio-lateral (ML), representada normalmente pelo eixo X e o anterior-posterior (AP) pelo eixo Y.

Figura 1 - Deslocamento do centro de pressão.



Fonte: Castro (2019).

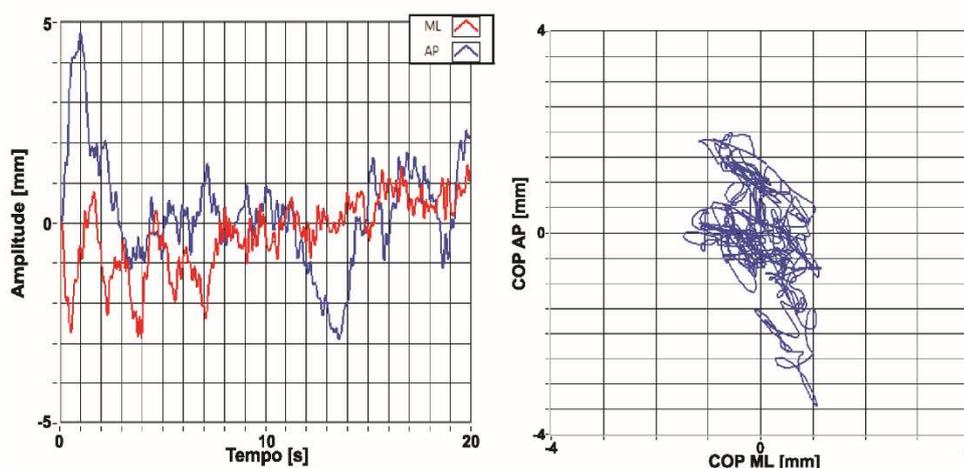
Com as coordenadas AP e ML é possível se determinar a trajetória do COP nessas respectivas direções. Por meio dos dados de trajetória é possível se determinar a velocidade do COP para essas direções, bem como também as amplitudes alcançadas por cada paciente (MEHDIZADEH, OOTEGHEM, *et al.*, 2021).

2.1.2 Estabilometria

A estabilometria é o estudo do comportamento do COP, onde se possibilita o registro das oscilações próprias do corpo necessárias para se manter na posição ostostática e das forças internas que geram pequenos deslocamentos do COP, mensurado por equipamentos especializados como a plataforma de força (CASTRO, 2019).

Como descrito por Castro (2019), os dados de estabilometria são obtidos pelo *Estabilograma*, representando os deslocamentos do COP nas direções ML e AP em função do tempo, já o *Estatocinesigrama* realiza uma representação gráfica do deslocamento do COP no plano AP vs ML. Ambos os exemplos são demonstrados na Figura 4 (DUARTE e FREITAS, 2010).

Figura 2 - Estabilograma e Estatocinesigrama.



Fonte: Adaptado de Castro (2019)

A partir da análise do estabilograma, que é feito utilizando as variações unidimensionais na direção ML e AP ao longo do tempo é possível realizar sua

quantificação para aplicações importantes, como a detecção da degradação do equilíbrio, prevenindo assim possíveis quedas em pacientes que venham desenvolver problemas motores (QUIJOUX, NICOLAI, *et al.*, 2021).

2.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma comparação de variáveis envolvendo os desempenhos de baropodômetros em relação a plataforma de força por meio de análise estatística aplicada em estudos específicos abordando análise do COP e estabilometria em circunstâncias:

- Utilizando massas conhecidas;
- Posicionando massas conhecidas com o intuito de se determinar o baricentro de um triângulo equilátero;
- Coletando dados de voluntários.

2.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Os conceitos apresentados durante o capítulo contribuem para auxiliar na compreensão da pesquisa, focando no estado da arte e ao mesmo tempo direcionando o foco para os equipamentos utilizados na coleta de dados.

No Capítulo 3, serão apresentados os materiais e métodos para coleta de informação para comparação entre os baropodômetros e plataforma de força.

No Capítulo 4, serão apresentados os resultados e discussões envolvendo às coletas de dados, a eficiência dos baropodômetros em comparação com a plataforma de força, assim como a relação entre as variáveis estabilométricas obtidas em cada instrumento.

No Capítulo 5, são apresentadas as principais conclusões deste trabalho e as sugestões de trabalhos futuros.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 PLATAFORMA DE FORÇA

O uso de plataformas de força é uma das técnicas mais amplamente utilizadas na avaliação do equilíbrio postural, de maneira quantitativa, onde na maioria dos casos as medições são feitas através de sensores piezoelétricos posicionados nas extremidades da plataforma, podendo variar dependendo do fabricante (SUTHERLAND, 2005).

3.1.1 Kistler 9286A

As plataformas de força desenvolvidas pela empresa Kistler, são equipamentos amplamente consolidados no mercado e aplicados em uma grande quantidade de estudos envolvendo atividades físicas, esportivas e análises fisioterapêuticas.

O modelo utilizado no trabalho foi a plataforma de força 3D tipo 9286A, Figura 3, que é caracterizada pela sua alta acurácia de COP sendo desenvolvida especificamente para análise de equilíbrio e caminhada. Pois mesmo que se tenha uma carga elevada sobre o sistema, é possível se mensurar mudanças extremamente pequenas envolvendo as forças e vibrações que auxiliam na obtenção de informações que caracterizam o sistema de controle de movimento neuromuscular, como por exemplo os dados do COP, *Estatocinesigrama* e *Estabilograma* (KISTLER, 2008).

Figura 3 - Plataforma de força 3D portátil - Kistler



Fonte: Kistler (2008).

O aplicativo utilizado para a coleta dos dados da plataforma de força foi desenvolvido em ambiente LabVIEW™ e suas exportações carregavam as informações das forças mensuradas pelos sensores piezoelétricos e das coordenadas ML e AP de cada amostra.

Para se realizar a determinação das demais variáveis que fizeram parte desse estudo, foram utilizadas as equações presentes na tabela 1 aos dados de ML e AP.

Tabela 1 - Variáveis estabilométricas

Variável	Expressão
Deslocamento da Oscilação Total em ML (DOT_{ML})	$\sum_{i=0}^{M-1} COPx_{i+1} - COPx_i $
Deslocamento da Oscilação Total em AP (DOT_{AP})	$\sum_{i=0}^{M-1} COPy_{i+1} - COPy_i $
Velocidade Média Total em ML	$\frac{f * DOT_{ML}}{M - 1}$
Velocidade Média Total em AP	$\frac{f * DOT_{AP}}{M - 1}$
Amplitude de Deslocamento em ML	$\max(COPx) - \min(COPx)$
Amplitude de Deslocamento em AP	$\max(COPy) - \min(COPy)$

Fonte: Adaptado de Castro (2019).

3.2 BAROPODÔMETROS

O objetivo da análise baropodométrica é avaliar as disfunções dos pés, por meio do mapeamento da pressão da superfície plantar, obtendo assim, dados que indiretamente mostram importantes anormalidades posturais. Com a utilização de ferramentas computacionais é possível realizar o registro de ambos os pés, o que fornece os parâmetros estabilométricos derivados do comportamento espacial e temporal do COP (ROSÁRIO, 2014).

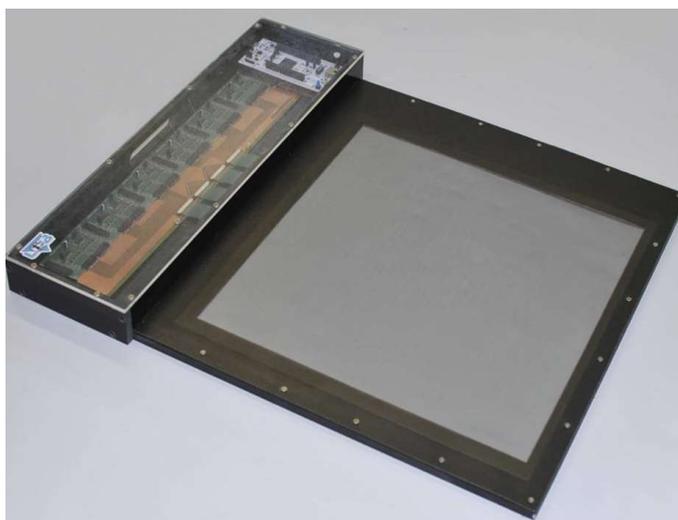
De acordo com Rosário (2014), os equipamentos disponíveis no mercado para avaliação da pressão plantar estão divididos em três tipos: no formato de plataforma, o tipo in-shoe que medem a pressão entre o pé e o calçado, e a pista de marcha sendo o mais adequado para estudos de caminhada. Dentre os modelos citados foram utilizados os de formato de plataforma.

3.2.1 LiebScan

O LiebScan, equipamento desenvolvido por Castro (2019), demonstrado na Figura 3, possui características como uma plataforma constituída por 2304 sensores em uma área ativa de aproximadamente $0,15\text{m}^2$, uma frequência de amostragem de 40 Hz e suportando uma pressão máxima de até 300kPa.

Em conjunto com o aplicativo *LiebScan System*, construído em ambiente LabVIEW™ 2017 e sendo aprimorado por Castro (2019), o LiebScan possui a capacidade de realizar exames estáticos e dinâmicos.

Figura 4 - LiebScan



Fonte: Castro (2019).

3.2.2 BaroScan

Tendo como objetivo a utilização de um baropodômetro comercial para validar o modelo desenvolvido por Castro (2019) foi realizado um empréstimo do baropodômetro (BaroScan) fornecido pela empresa HS technology que é uma empresa brasileira voltada para a área de inovação tecnológica com produtos abrangendo: Fisioterapia, Podologia, Ortopedia, Odontologia e Cardiologia. A empresa cedeu o equipamento emprestado a fins de auxiliar em pesquisas em desenvolvimento no Laboratório de Instrumentação e Engenharia Biomédica (LIEB) durante um período acordado.

As características técnicas do BaroScan, representado na Figura 5, são: uma plataforma composta por 4096 sensores compreendidos dentro de uma área de 50x50cm, frequência de aquisição de até 200 frames/s e suportando uma pressão máxima de até 980 kPa, podendo assim realizar exames dos tipos estático, dinâmico e dinâmico com vídeo (TECHNOLOGY, 2020).

Figura 5 – BaroScan



Fonte: BaroScan (2021).

3.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada em três situações, onde em duas delas foram utilizadas massas com valores conhecidos contudo distribuídas em arranjos que possibilitassem uma análise comparativa com relação aos os dados estabilométricos obtidos através do posicionamento de forma pontual e também nos vértices de uma figura triangular para assim se determinar seu baricentro.

O último experimento ocorreu por meio da análise dos dados coletados de 10 voluntários que permaneceram em posição ortostática em cada equipamento durante um período determinado, intercalando entre olhos abertos e fechados, para assim realizar a comparação entre os equipamentos por meio de análises estatísticas a partir do estudo envolvendo o COP.

3.3.1 Massas conhecidas

Para se realizar as coletas aplicando a pressão de maneira pontual nas superfícies dos equipamentos foi utilizado uma sequência de massas conhecidas, posicionadas em uma base circular sendo acrescentado após cada série de coleta é acrescentado aproximadamente 2 kg a massa anterior, assim as sequências foram: 2,34 kg, 4,23 kg, 6,25 kg e 8,34 kg. O procedimento foi realizado três vezes com a mesma massa em cada local demarcado.

Através da área do suporte para as massas em contato com a superfície dos equipamentos e conhecendo a pressão máxima suportada pelo instrumento que possui a menor capacidade de pressão suportada em seus sensels, foi determinado o valor limite que foi aplicado no experimento.

O equipamento que forneceu os valores usados como base foi o LiebScan, pois em suas especificações descritas por Castro (2019) tem-se como pressão máxima o valor de 300 kPa distribuída em uma área ativa de aproximadamente 0,15 m². Utilizando esses dados para se realizar a conversão de kPa para kgf/cm² é obtida a relação de 3,06 kgf/cm². Após se determinar a área em contato e realizar o produto pela relação obtida anteriormente, foi obtido um valor limite de aproximadamente 9 kgf de aplicação.

Os locais selecionados para aplicar as cargas foram os pontos médios dos quadrantes e a origem em relação a área útil de cada equipamento. A Figura 6 indica como foi realizado o posicionamento das massas.

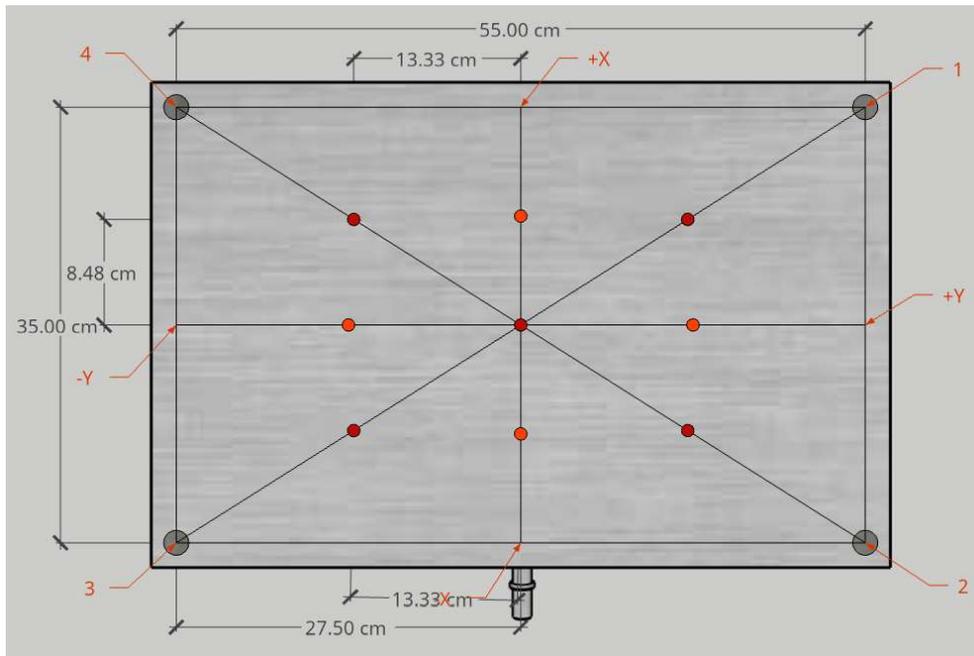
Figura 6 - Massas posicionadas na origem da plataforma de força



Fonte: Elaboração do próprio autor.

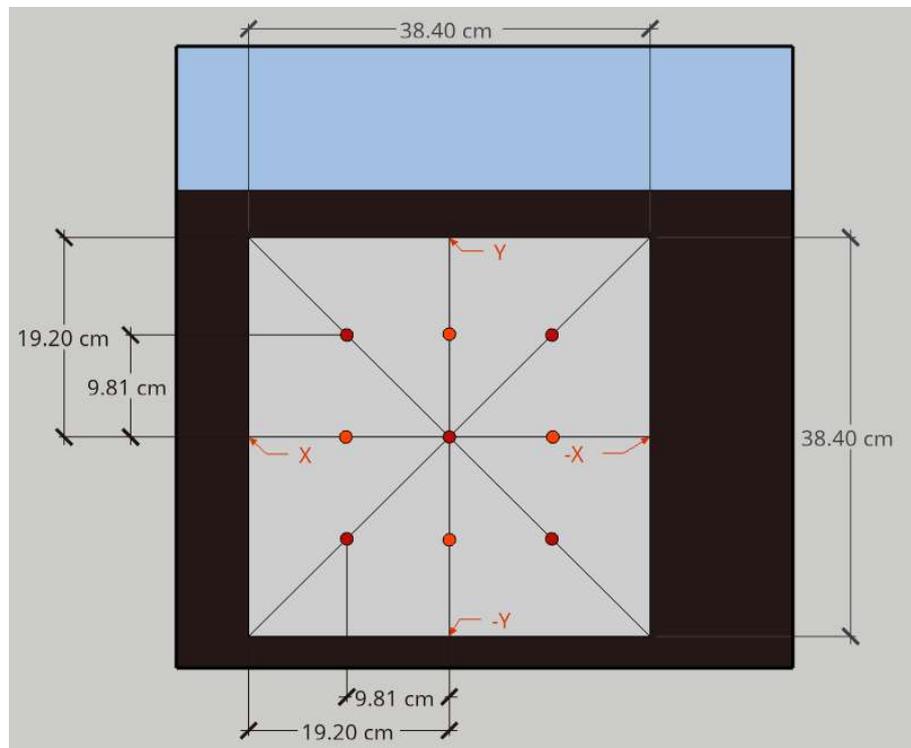
Para se realizar as coletas foi definido 40 Hz como frequência de aquisição, durante intervalos de 10 seg sendo repetido três vezes em cada local. As Figuras 7 e 8 demonstram os pontos utilizados como referência na superfície dos equipamentos, onde, para os estudos com massas, as cargas foram posicionadas sobre os pontos em vermelho e para as coletas com os baricentros foram utilizadas as coordenadas da origem e dos pontos em laranja.

Figura 7 - Esquema de marcações realizadas na plataforma de força



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 8 -Esquema de marcações realizadas no LiebScan



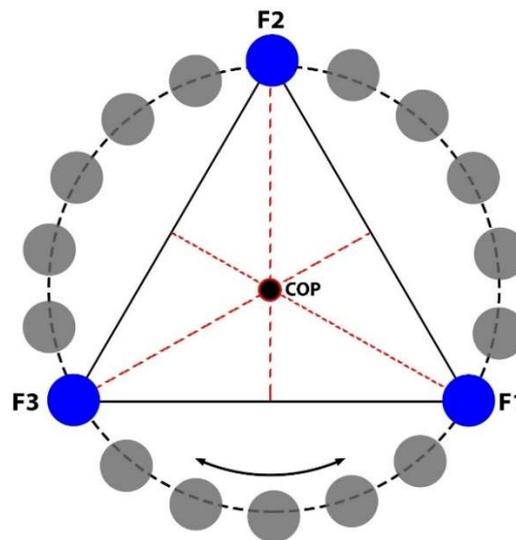
Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.3.2 Baricentros

O baricentro faz parte do conjunto de ângulos notáveis de triângulos, ou seja, os pontos específicos, sendo: o baricentro, incentro, circuncentro e ortocentro. No caso do baricentro, este ponto é formado pelo encontro das três medianas presentes em qualquer triângulo.

Se o baricentro for obtido de um triângulo equilátero, suas coordenadas indicarão o ponto central dele, por esse motivo para esse estudo foi utilizado a Figura 9 impressa em folha A4 com o intuito de se posicionar as massas de maneira precisa nos vértices do triângulo sobre as superfícies dos equipamentos.

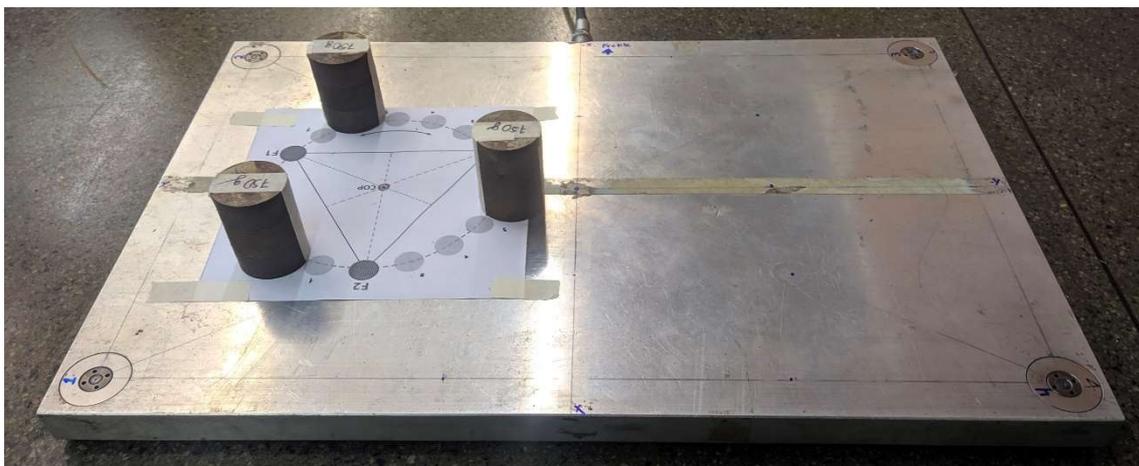
Figura 9 - Esquema utilizado para estudo do baricentro



Fonte: Castro (2019).

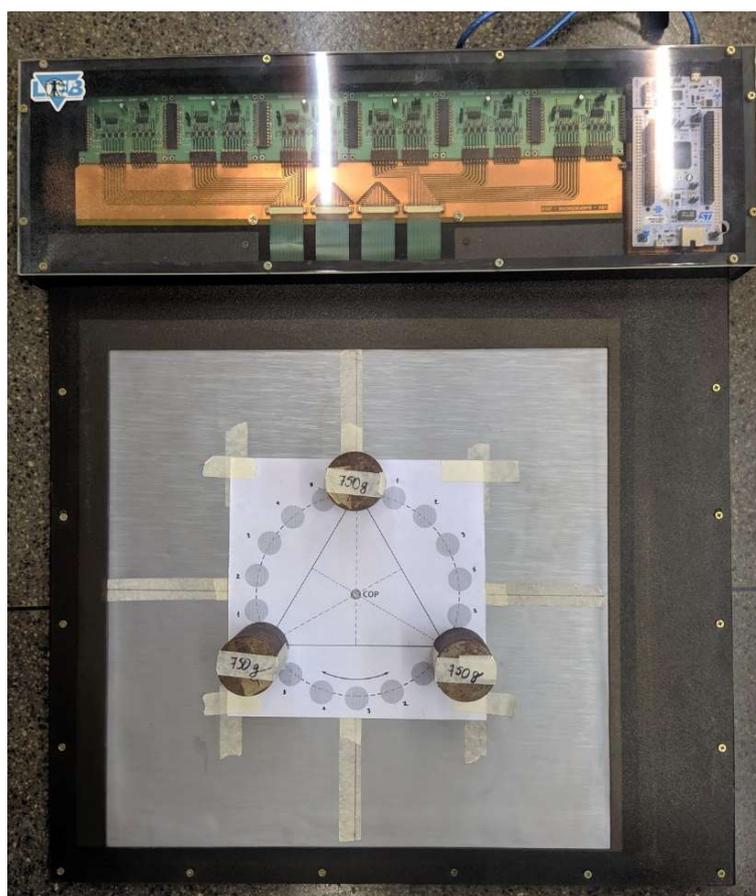
As massas utilizadas nas extremidades do triângulo possuem 0,75 kg e o formato de seu posicionamento foi escolhido para avaliar os pontos médios dos eixos e a origem, para isso foi adotada uma rotação das massas em torno do baricentro o que forneceu 6 medições envolvendo o mesmo ponto. A forma como as massas foram dispostas na superfície da plataforma de força e baropodômetro estão representadas respectivamente nas Figuras 10 e 11.

Figura 10 - Massas posicionadas sobre o baricentro no eixo y positivo



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 11 - Massas posicionadas no baricentro do LiebScan na origem



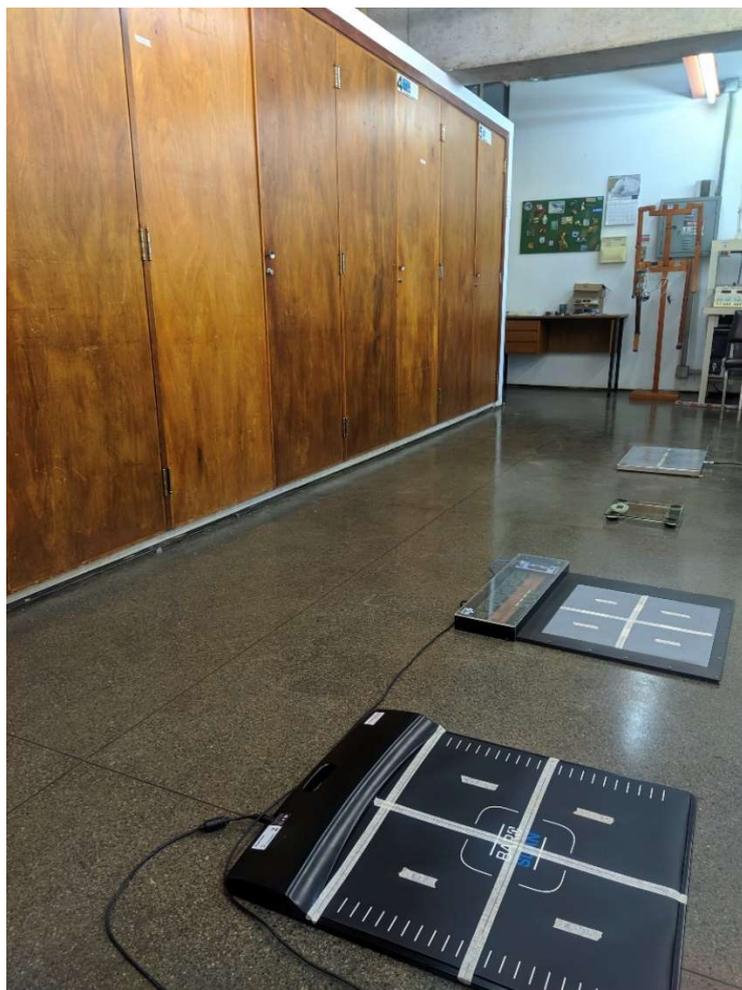
Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.3.3 Voluntários

A participação dos voluntários teve como objetivo analisar as respostas obtidas envolvendo o COP em um formato que possibilite comparar o comportamento dos equipamentos utilizados de modo a fornecer respostas individuais e não controladas.

A rotina de coleta consistiu em posicionar os equipamentos a uma distância de 1,40 m dos alvos que foram utilizados para realizar as coletas com olhos abertos, onde durante cada fase de aquisição o voluntário se manteve em uma posição ortostática, com os braços relaxados durante um intervalo de tempo de 40 seg com uma frequência de amostragem de 40 Hz.

Figura 12 - Equipamentos posicionados para coletas



Fonte: Elaboração de próprio autor.

Foram recrutados 10 voluntários para o estudo, sendo 4 mulheres com as características idade de aproximadamente $27,5 \pm 10,97$ anos, peso de $57,85 \pm 6,76$ kg e altura com $1,64 \pm 0,06$ m. Para os 6 homens as médias foram de $31,50 \pm 7,48$ anos, $81,50 \pm 14,94$ kg e $1,76 \pm 0,08$ m. Essas características demonstram que mesmo com uma pequena amostra foi uma variedade relevante.

Durante as coletas com os olhos abertos (OA), cada pessoa ficou observando um alvo posicionado em uma altura próxima ao nível dos seus olhos, o que fez com que suas cabeças não apresentassem nenhuma inclinação. Logo após as coletas com os olhos abertos foram realizadas as coletas com os olhos fechados (OF), que consistiu em repetir o mesmo posicionamento durante o mesmo intervalo de tempo e com a mesma frequência de aquisição.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para esse trabalho, foram empregadas diferentes técnicas de análise estatística, com o objetivo de verificar as relações existentes entre os dados coletados pelos equipamentos.

No primeiro momento a análise dos valores médios e desvio padrão foi empregada para comparar as coordenadas esperadas para o COP em relação as que foram obtidas nos testes estáticos envolvendo as massas conhecidas e a técnica de rotação de baricentros. Para o segundo momento deste trabalho os dados dos voluntários coletados em cada equipamento foram processados por técnicas distintas para assim compreender de perspectivas diferentes as relações existentes entre as semelhanças envolvendo as variáveis estabilométricas dos equipamentos presentes nesse estudo.

3.4.1 Correlação de Pearson

Ao se estudar o grau de relacionamento entre duas ou mais variáveis, o que se busca é descobrir o quanto uma variável interfere no resultado de outra. Geralmente

se utiliza a covariância para se encontrar o coeficiente de correlação usado para medir o grau de associação “linear” entre duas variáveis aleatórias X e Y. Contudo a covariância não é indicada para comparar graus de relação entre variáveis, já que ela é influenciada pelas unidades de medida da amostra (GUIMARÃES, 2017).

Com o intuito de evitar a influência da ordem de grandeza e unidades existente em cada variável, se divide a covariância pelo desvio padrão de X e de Y, originando assim o coeficiente de correlação de Pearson (R). Esse coeficiente utiliza valores dentro do intervalo entre -1 e 1 para correlacionar as variáveis (GUIMARÃES, 2017).

Para dimensionar as relações existentes entre as variáveis seguindo esse intervalo de -1 a 1, são definidos trechos que demonstrem o quão forte é essa correlação, onde acima de 0,90 interpretado como muito alto, de 0,70 a 0,89 como alto, de 0,50 a 0,69 sendo moderado, de 0,30 a 0,49 considerado baixo e menor que 0,29 como suave (JUNIOR, FERREIRA, *et al.*, 2021).

3.4.2 Teste ANOVA e Tukey

A técnica de análise de variância (Do inglês, *Analysis of Variance* – ANOVA) é usualmente empregada para comparar a distribuição de três ou mais grupos em amostras independentes. A ANOVA também é utilizada como uma maneira de resumir um modelo de regressão linear por meio da decomposição da soma dos quadrados em cada fonte de variação do modelo, para assim, utilizar o teste F e verificar a hipótese de que qualquer fonte de variação no modelo é igual a zero (FARIA e OLIVEIRA, 2017).

Como descrito por Faria e Oliveira (2017), apenas o teste por ANOVA não é claro o bastante para indicar entre quais grupos a diferença é realmente significativa e por esse motivo é que são empregados testes de comparações múltiplas. O teste empregado neste trabalho foi o de Tukey, que se destaca por fazer comparações entre todos os pares de média e se baseia no uso da diferença mínima significativa, levando em consideração os percentis do grupo. O teste é tido como exato quando os tamanhos amostrais dos grupos são iguais.

Os coeficientes das correlações de Person, os testes por ANOVA e a comparações pelos testes de Tukey envolvendo as variáveis estabilométricas dos voluntários foram obtidos através do *software* estatístico SigmaPlot®.

3.4.3 Teste de Bland-Altman

De acordo com Doğan (2018) o teste de Bland-Altman a partir do seu surgimento foi se tornando cada vez mais apropriado para se determinar os limites de concordância entre medidas obtidas por dois sistemas de medição diferentes.

A técnica desenvolvida por Bland e Altman quantifica a diferença entre as medidas utilizando um método através de um gráfico de dispersão em que o eixo X representa a média $[(K1+K2)]/2$, e o eixo Y simula a diferença $(K1-K2)$ entre duas medidas. Após o gráfico ser plotado, a média de tendência e os limites de confiança devem ser quantificados, sendo apenas necessário o uso da média das diferenças e o desvio padrão obtido por meio do teste-T para uma amostra (DOĞAN, 2018).

O teste-T nesse caso é utilizado para determinar se uma amostra vem de uma população com uma média específica, pois essa média nem sempre é conhecida, mas às vezes é hipotética. Dentre as respostas estatisticamente significantes, o valor P foi empregado nesse estudo para determinar se era possível continuar para finalizar o teste de Bland-Altman. Quando o P obtido no teste-T for maior que 0,05 a diferença entre a média da população estimada da amostra e a média da população comparada não possui uma diferença significativa estatisticamente, já o oposto se aplica caso P seja um valor menor que 0,05, o que representa que as médias possuem uma diferença significativa, impossibilitando assim a conclusão do teste de Bland-Altman (STATISTICS, 2015).

Em um segundo momento, os dados podem ser limitados ao se somar e subtrair 1,96 no desvio padrão para representar 95% do intervalo de confiança dos dados distribuídos (média \pm 1,96 desvios padrões). O cenário ideal é que as diferenças dos valores medidos seja zero, fazendo assim com que a média das diferenças e seus limites estejam próximos a zero (DOĞAN, 2018).

Para a realização do teste-T de uma amostra e a construção do gráfico de dispersão, no formato de Bland-Altman, foi utilizado o *software* IBM® SPSS® por oferecer análise estatística avançada e por sua praticidade envolvendo esse tipo de análise, além do fator de agir como uma ferramenta extra em relação ao uso do *software* SigmaPlot® utilizado em outros testes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AVALIAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

A avaliação dos equipamentos foi realizada em dois momentos, sendo o primeiro uma análise estática com o objetivo de se determinar o COP e para isso foram empregados os dados coletados utilizando as massas posicionadas pontualmente e também em uma disposição triangular para assim se determinar o baricentro. O segundo momento teve como objetivo a realização da análise estabilométrica, e para isso foram utilizados os métodos estatísticos descritos na seção 3.4 aplicados aos dados coletados dos voluntários.

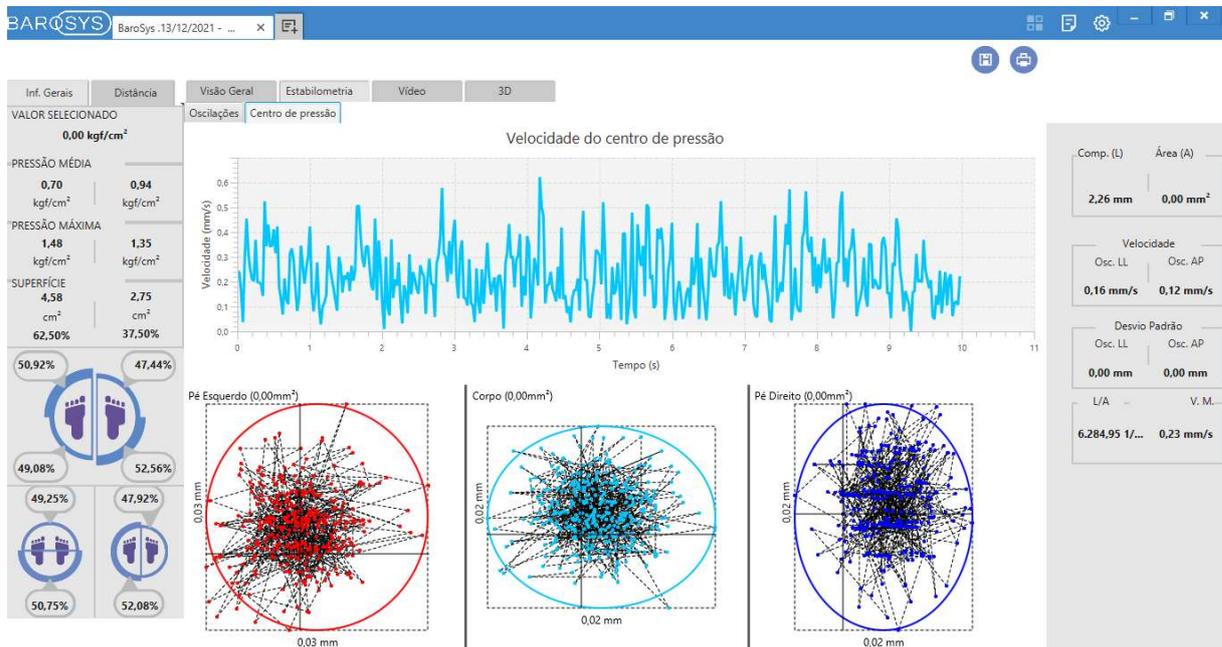
4.1.1 Kistler x LiebScan: análise do COP

Dentre os equipamentos utilizados nesse estudo, a plataforma de força Kistler e o baropodômetro LiebScan são os que tiveram seus aplicativos desenvolvidos com o objetivo de fornecer as coordenadas geométricas do COP em relação as dimensões das superfícies dos equipamentos, o que não ocorre com o BaroScan devido ao *layout* adotado para seu *software*.

Os dados de COP fornecidos pelo aplicativo da empresa HS Technology são divididos entre três centros de pressão, sendo que os dois principais COPs são obtidos por meio do algoritmo utilizado pelo software para realizar o processamento da distribuição da pressão registrada pela malha de sensores, separando entre os lados esquerdo e direito com o objetivo simular os pés do paciente, criando nesse processo os COPs relativos a cada superfície plantar. A partir desses centros de pressão um terceiro centro é criado entre eles, representando assim o COP relativo à massa corporal do paciente.

A Figura 13 nos mostra os três centros de pressão obtidos ao se posicionar a massa de 4 kg nas coordenadas adotadas como o equivalente a origem da superfície do equipamento e também nos apresenta o formato de *layout* entregue pelo aplicativo.

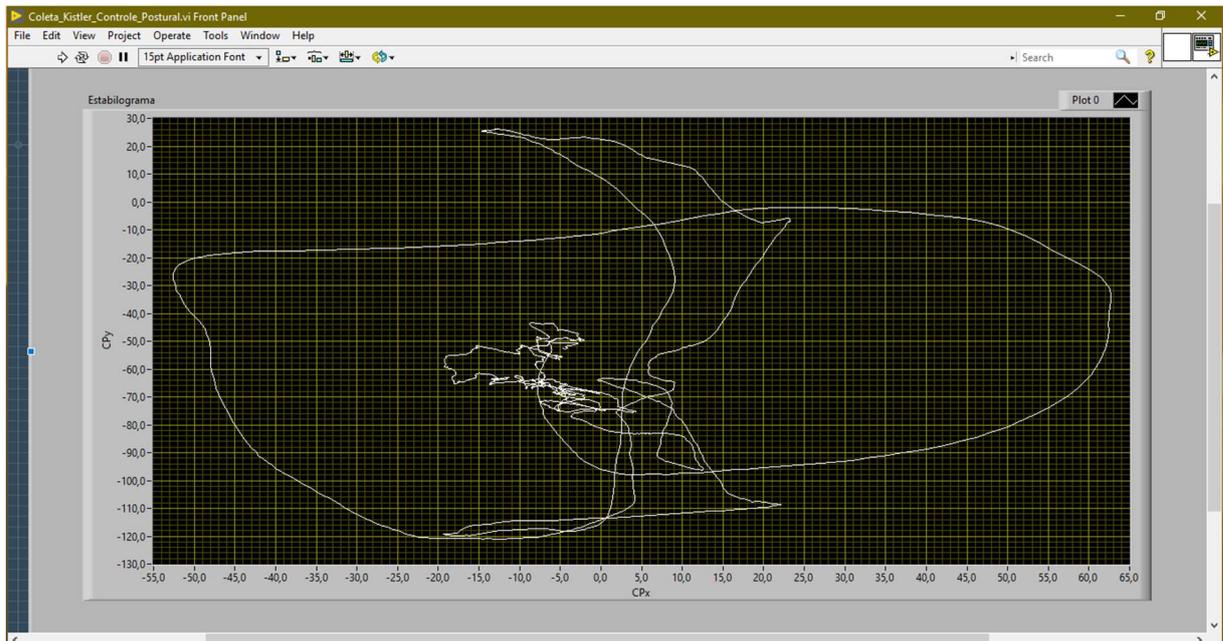
Figura 13 - COP com massa de 4 kg posicionada no ponto médio (0,0) da superfície do BaroScan



Fonte: Elaboração do próprio autor.

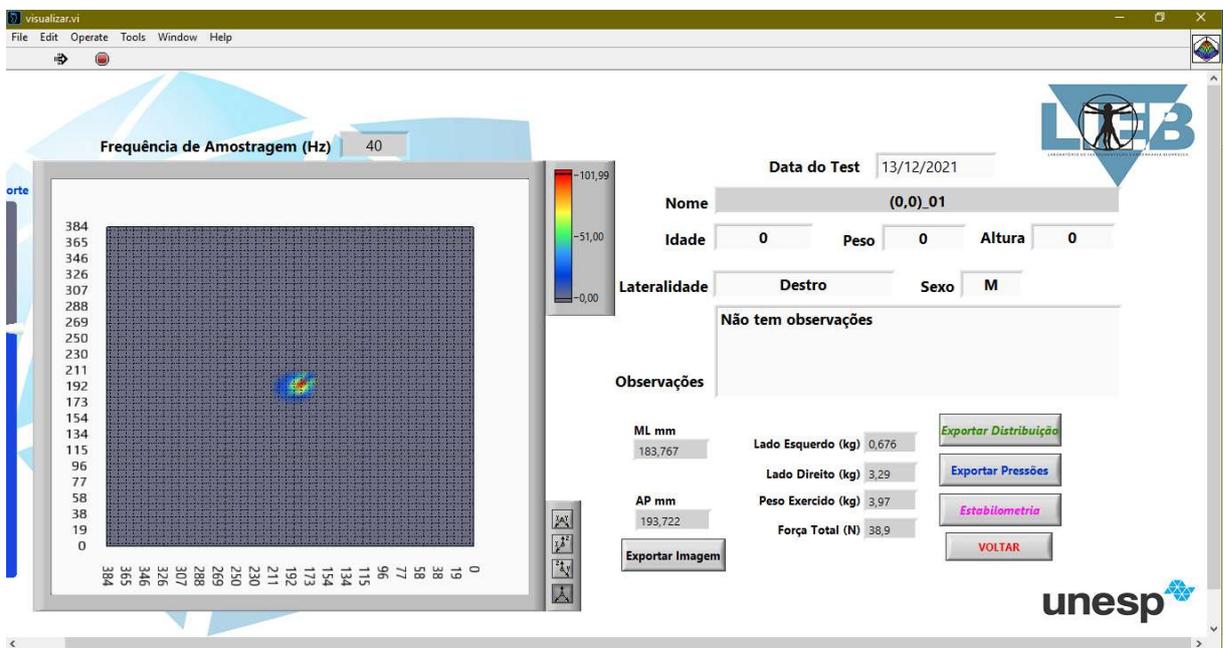
Comparando o formato de apresentação do *software* do BaroScan representado na Figura 13 com os do LiebScan e plataforma Kistler, Figuras 14 e 15, é possível observar a limitação envolvendo a delimitação da superfície do equipamento em relação as coordenadas geométricas dos centros de pressão.

Figura 14 – Demonstração de estabilograma da plataforma Kistler



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 15 - COP com massa de 4 kg posicionada no ponto médio (0,0) da superfície do LieBScan



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Como comentado anteriormente, a primeira análise foi realizada utilizando os dados coletados a partir da disposição das massas de maneira pontual, tendo como enfoque destacar as diferenças existentes entre as medidas adotadas como referência em comparação com as que são resultado das médias obtidas pelos equipamentos.

Seguindo essa metodologia, a Tabela 2 demonstra a comparação realizada com os valores médio-laterais, sendo possível observar que com o aumento da carga existe uma tendência das coordenadas ML se tornarem cada vez mais concisas e se aproximarem dos valores de referência, podendo ser um indicador para o desempenho do equipamento. Ao se analisar também a maior distância e menor distância obtida entre os valores médios e de referência, tem-se aproximadamente 1,3 cm na referência (X, -Y) e um valor mínimo de 0,07 cm no quadrante de referência (X, Y).

Para complementar a análise, foi realizado o estudo da raiz do erro quadrático médio (Do inglês, Root mean squared error – RMSE) sendo também utilizado por Castro (2019), onde em seu trabalho foi feito uma análise da acurácia dos equipamentos por meio do RMSE, portanto a partir das médias do RMSE dos COPs obtidos com a progressão das massas pontuais nas cinco coordenadas de referência foi alcançado uma acurácia na direção ML de $0,62 \pm 0,16$ cm.

Tabela 2 - Análise utilizando massas na plataforma de força (médio-lateral)

Referência (cm)	Kistler (cm)*			
	2,34 kg	4,23 kg	6,25 kg	8,34 kg
(0,0): 0	-0,77 ± 0,13	-0,30 ± 0,03	-0,27 ± 0,15	-0,13 ± 0,04
(X, Y): 8,48	7,67 ± 0,10	8,16 ± 0,08	8,55 ± 0,06	8,60 ± 0,09
(X, -Y): 8,48	7,18 ± 0,89	8,14 ± 0,01	8,61 ± 0,26	8,80 ± 0,07
(-X, Y): -8,48	-9,37 ± 0,28	-9,20 ± 0,05	-8,90 ± 0,09	-9,09 ± 0,23
(-X, -Y): -8,48	-9,48 ± 0,04	-8,97 ± 0,17	-9,05 ± 0,12	-9,10 ± 0,07

Nota: *Valores médios e desvio padrão;

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Ao se repetir a mesma análise estatística agora para o sentido anterior-posterior, Tabela 3, é notável que o padrão observado com os dados da Tabela 2 tende a se repetir com alguns quadrantes de referência, contudo é possível se observar que com a massa de 6,25 kg os dados apresentam um comportamento inesperado quando postos lado a lado com os valores médios e de desvios padrão da massa de 8,34 kg.

Esse fato acaba interferindo na confiabilidade dos dados que nos são entregues pela plataforma de força na direção AP, mas ainda assim a distância dos valores em relação a referência acaba sendo de no máximo 1,16 cm em (X, -Y) e no mínimo de 0 cm em (X, Y). Assim, os dados coletados apresentam valores de distanciamento máximo e mínimo em relação a coordenada de referência semelhantes tanto na direção AP e também na ML. A acurácia obtida das médias dos RMSE em relação aos COPs medidos nas áreas de referência foi de $0,61 \pm 0,31$ cm na direção AP.

Tabela 3 - Análise utilizando massas na plataforma de força (anterior-posterior)

Referência (cm)	Kistler (cm)*			
	2,34 kg	4,23 kg	2,34 kg	8,34 kg
(0,0): 0	0,72 ± 0,20	0,33 ± 0,29	0,02 ± 0,09	-0,35 ± 0,06
(X, Y): 13,33	13,73 ± 0,09	13,68 ± 0,04	13,51 ± 0,21	13,33 ± 0,07
(X, -Y): -13,33	-12,17 ± 1,65	-13,88 ± 0,16	-14,05 ± 0,12	-14,28 ± 0,04
(-X, Y): 13,33	14,03 ± 0,35	14,11 ± 0,10	13,77 ± 0,17	13,83 ± 0,09
(-X, -Y): -13,33	-12,96 ± 0,09	-13,65 ± 0,55	-13,68 ± 0,38	-13,95 ± 0,32

Nota: *Valores médios e desvio padrão;

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Quando se repetiu o mesmo procedimento com os dados coletados pelo LiebScan, ver Tabela 4, foi possível notar que os valores tendem a variar em menor proporção no sentido ML em relação ao que foi observado na plataforma de força mesmo com o aumento progressivo da carga. Essa característica é ressaltada quando se realiza a comparação da maior e menor distância em relação ao ponto de referência, onde o equipamento alcançou uma distância máxima de 0,74 cm e mínima

de 0,03 cm ambos em (0,0). Com relação a acurácia do sistema na direção ML, foi obtido um valor de $0,38 \pm 0,13$ cm.

Tabela 4 - Análise utilizando massas no baropodômetro (médio-lateral)

Referência (cm)	LiebScan (cm)*			
	2,34 kg	4,23 kg	2,34 kg	8,34 kg
(0,0): 0	$-0,33 \pm 0,13$	$-0,74 \pm 0,05$	$-0,30 \pm 0,03$	$-0,39 \pm 0,24$
(X, Y): 9,81	$9,84 \pm 0,14$	$9,76 \pm 0,06$	$9,50 \pm 0,04$	$9,55 \pm 0,03$
(X, -Y): 9,81	$9,60 \pm 0,13$	$9,55 \pm 0,09$	$9,48 \pm 0,02$	$9,61 \pm 0,07$
(-X, Y): -9,81	$-9,77 \pm 0,10$	$-10,39 \pm 0,08$	$-10,31 \pm 0,01$	$-9,92 \pm 0,47$
(-X, -Y): -9,81	$-10,09 \pm 0,29$	$-10,47 \pm 0,02$	$-10,37 \pm 0,06$	$-10,14 \pm 0,04$

Nota: *Valores médios e desvio padrão;

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na última análise realizada com as massas pontuais foi observado que no sentido AP os valores médios das coordenadas mantiveram a característica que apresentaram no sentido ML, ou seja, não tiveram uma diferença expressiva. Esse fato foi novamente constatado ao se realizar a comparação entre o maior e menor valor de distanciamento entre as coordenadas médias obtidas com o LiebScan em relação as de referência, obtendo uma distância máxima de 0,73 cm em (-X, Y) e mínima de 0,01 cm em (-X, -Y), ver Tabela 5. O valor da acurácia medida para a direção AP foi de $0,39 \pm 0,15$ cm.

Tabela 5 - Análise utilizando massas no baropodômetro (anterior-posterior)

Referência (cm)	LiebScan (cm)*			
	2,34 kg	4,23 kg	2,34 kg	8,34 kg
(0,0): 0	$-0,47 \pm 0,43$	$0,10 \pm 0,11$	$-0,44 \pm 0,15$	$-0,67 \pm 0,10$
(X, Y): 9,81	$10,41 \pm 0,23$	$10,40 \pm 0,07$	$10,16 \pm 0,05$	$10,03 \pm 0,21$
(X, -Y): -9,81	$-9,45 \pm 0,25$	$-9,85 \pm 0,20$	$-9,93 \pm 0,08$	$-9,91 \pm 0,20$
(-X, Y): 9,81	$9,44 \pm 0,30$	$10,28 \pm 0,24$	$10,54 \pm 0,01$	$10,02 \pm 0,14$
(-X, -Y): -9,81	$-9,90 \pm 0,49$	$-9,80 \pm 0,01$	$-9,65 \pm 0,16$	$-9,79 \pm 0,08$

Nota: *Valores médios e desvio padrão;
 Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na etapa do estudo que envolveu a determinação dos baricentros, os corpos de teste de 0,75 kg foram posicionados nos vértices do triângulo equilátero, após 10 segundos de cada coleta o arranjo era rotacionado em 20 graus no sentido horário, gerando assim 6 valores para o mesmo ponto de centro de pressão.

A partir dos dados coletados em cada ponto de referência foi elaborada a Tabela 6, que demonstra as médias e desvios obtidos dos baricentros nas coordenadas de referência demarcadas na superfície dos equipamentos.

Também foram utilizadas as médias do RMSE dos COPs obtidos da rotação dos baricentros nas cinco coordenadas de referência, alcançado uma acurácia na direção ML de aproximadamente $1,22 \pm 0,66$ cm e para a AP de $0,35 \pm 0,21$ cm.

Tabela 6 - Análise de baricentros na plataforma de força

Médio-lateral		Anterior-posterior	
Referência (cm)	Kistler (cm)*	Referência (cm)	Kistler (cm)*
0	$-1,52 \pm 0,13$	0	$0,62 \pm 0,27$
8,48	$8,06 \pm 0,11$	0	$-0,06 \pm 0,16$
-8,48	$-9,46 \pm 0,09$	0	$0,19 \pm 0,05$
0	$-2,00 \pm 0,94$	13,33	$13,7 \pm 0,245$
0	$-0,98 \pm 0,10$	-13,33	$-13,20 \pm 0,31$

Nota: *Valores médios e desvio padrão;
 Fonte: Elaboração do próprio autor.

Ao se adequar os dados no mesmo formato adotado para a plataforma de força, foi elaborada a Tabela 7 que nos mostra as coordenadas médias e seus desvios em relação a referência na coluna ao lado. Novamente para se determinar o grau de acurácia do equipamento foi utilizado os valores de RMSE relativos a cada região utilizada para averiguação, logo a acurácia determinada para o baropodômetro na direção ML foi de $1,64 \pm 1,38$ cm e no AP de $1,64 \pm 1,47$ cm.

Esse resultado demonstra que em comparação aos que foram registrados anteriormente por Castro (2019), sendo $0,40 \pm 0,07$ cm para a direção ML e $0,50 \pm 0,15$ cm na a AP, os valores no atual estudo sofreram acréscimos consideráveis.

Tabela 7 - Análise de baricentros no baropodômetro

Médio-lateral		Anterior-posterior	
Referência (cm)	LiebScan (cm)*	Referência (cm)	LiebScan (cm)*
0	$-0,08 \pm 1,40$	0	$0,36 \pm 2,36$
9,81	$8,40 \pm 4,18$	0	$-1,50 \pm 4,05$
-9,81	$-10,29 \pm 1,38$	0	$0,04 \pm 0,91$
0	$-0,39 \pm 0,73$	9,81	$10,01 \pm 0,44$
0	$0,32 \pm 0,75$	-9,81	$-10,15 \pm 0,72$

Nota: *Valores médios e desvio padrão;

Fonte: Elaboração do próprio autor.

As diferenças entre as acurácias obtidas no LiebScan através do uso do baricentro de um triângulo equilátero demonstram que existem uma tendência desse valor se aproximar do valor esperado com o acréscimo de carga, pois no estudo de Castro (2019) foram utilizadas pressões de 20 kPa nos vértices do triângulo, o que é uma pressão muito superior a gerada por 0,75 kg que é equivalente a aproximadamente 0,95 kPa.

Em relação as acurácias obtidas por meio da obtenção dos baricentros, foi constatado que a plataforma de força Kistler apresentou os melhores valores de acurácia se comparado com o LiebScan. Contudo, ao se comparar as acurácias obtidas dos testes estáticos que utilizaram o acréscimo de carga em uma coordenada pontual, foi observado que o baropodômetro obteve valores de acurácia que se aproximaram mais do valor estipulado em relação a plataforma de força.

4.1.2 Kistler x BaroScan x LiebScan: análises estabilométricas

O estudo envolvendo a comparação dos três equipamentos foi realizado com o objetivo de averiguar as diferentes relações que podem existir entre os equipamentos a partir dos dados coletados de 10 voluntários em posição ortostática, durante coletas com os olhos abertos e fechados durante um período de aquisição de 40 seg e uma frequência de 40 Hz, respectivamente.

Para a comparação, foram utilizados os métodos estatísticos de correlação de Pearson, testes de ANOVA, Tukey e de Bland-Altman com o intuito de realizar comparações envolvendo a forma como as variáveis dos diferentes equipamentos interagem entre si e por análise de grupo.

Utilizando as correlações de Pearson obtidas pelo software SigmaPlot®, a Tabela 8 foi elaborada para fornecer os valores dos coeficientes em conjunto com os P valores das velocidades médias nas direções ML e AP nas coletas com olhos abertos e fechados.

Tabela 8 -Correlação de Pearson para as velocidades média dos voluntários

Variáveis	Kistler vs BaroScan*	Kistler vs LiebScan*	BaroScan vs LiebScan*
$VM_{ML} - OA^0$	R=0,334; P=0,334	R=-0,336; P=0,343	R=-0,230; P=0,522
$VM_{ML} - OF^1$	R= 0,640 ; P= 0,046	R=-0,584; P=0,076	R=-0,446; P=0,197
$VM_{AP} - OA^2$	R= 0,704 ; P= 0,023	R= -0,387; P=0,269	R= -0,688 ; P= 0,028
$VM_{AP} - OF^3$	R= 0,737 ; P= 0,015	R=-0,348; P=0,325	R=-0,383; P=0,275

Nota: *Coeficiente de Pearson e P valor; ⁰Velocidade média médio-lateral com olhos abertos; ¹Velocidade média médio-lateral com olhos fechados; ²Velocidade média anterior-posterior com olhos abertos; ³Velocidade média anterior-posterior com olhos fechados;

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os coeficientes obtidos mostram que a correlação existente entre as variáveis de velocidade média da plataforma de força em relação as do BaroScan tem valor alto em $VM_{AP} - OA$ e $VM_{AP} - OF$, por se situarem no intervalo entre 0,70 a 0,89, e moderado em $VM_{ML} - OF$ devido a estar no intervalo de 0,50 e 0,69.

Essa análise encontra respaldo devido aos P valores serem menores que 0,05 (valor de referência), assim, para as correlações encontradas seus valores são

estatisticamente significativos. Assim é possível identificar também uma relação moderada entre BaroScan x LiebScan em $VM_{AP} - OA$.

Ao se organizar os resultados das correlações geradas a partir das amplitudes nas direções ML e AP, representados na Tabela 9, é observável que houve uma relação de valor alto entre os equipamentos Kistler e BaroScan para as variáveis $AMP_{AP} - OA$ e $AMP_{AP} - OF$, sendo os coeficientes obtidos de 0,770 e 0,752. Para a variável $AMP_{ML} - OF$ o valor de coeficiente é tido como moderado com tendência para alto já que o valor obtido foi de 0,687. Mas nenhuma combinação entre os equipamentos não apresentaram um coeficiente de Pearson acima do nível moderado, além dos P valores não atribuírem um resultado estatisticamente significativo.

Tabela 9 - Correlação de Pearson para as amplitudes dos voluntários

Variáveis	Kistler vs BaroScan*	Kistler vs LiebScan*	BaroScan vs LiebScan*
$AMP_{ML} - OA^0$	R=0,163; P=0,653	R=0,185; P=0,608	R=-0,205; P=0,570
$AMP_{ML} - OF^1$	R= 0,687 ; P= 0,028	R=0,083; P=0,820	R=-0,199; P=0,744
$AMP_{AP} - OA^2$	R= 0,770 ; P= 0,009	R=0,140; P=0,700	R=-0,282; P=0,429
$AMP_{AP} - OF^3$	R= 0,752 ; P= 0,012	R=0,336; P=0,342	R=0,385; P=0,272

Nota: *Coeficiente de Pearson e P valor; ⁰Amplitude médio-lateral com olhos abertos; ¹Amplitude médio-lateral com olhos fechados; ²Amplitude anterior-posterior com olhos abertos; ³Amplitude anterior-posterior com olhos fechados;

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Ao se analisar os coeficientes obtidos por meio dos desvios padrões das direções ML e AP, expressos na Tabela 10, apenas dois dentre todos os testes apresentaram um P valor que tem uma significância estatística. Essas variáveis utilizadas para os testes foram as $DESV_{AP} - OA$ e $DESV_{AP} - OF$, que geraram os coeficientes 0,760 e 0,663 consecutivamente na interação envolvendo os equipamentos Kistler e BaroScan. Assim, a comparação das variáveis de desvio padrão na coleta com OA na direção AP teve um valor alto e na coleta com OF as variáveis do desvio tiveram um valor moderado quando comparados entre os equipamentos e se baseando nas relações estabelecidas para os intervalos dos coeficientes.

Tabela 10 - Correlação de Pearson para o desvio padrão dos voluntários

Variáveis	Kistler vs BaroScan	Kistler vs LiebScan	BaroScan vs LiebScan
$DESV_{ML} - OA$	R=0,215; P=0,551	R=-0,345; P=0,329	R=-0,208; P=0,565
$DESV_{ML} - OF$	R=0,432; P=0,212	R=-0,211; P=0,558	R=-0,069; P=0,850
$DESV_{AP} - OA$	R= 0,760 ; P= 0,011	R=-0,062; P=0,865	R=-0,119; P=0,744
$DESV_{AP} - OF$	R= 0,663 ; P= 0,037	R=0,424; P=0,222	R=0,464; P=0,177

Nota: *Coeficiente de Pearson e P valor; ⁰Desvio padrão médio-lateral com olhos abertos; ¹ Desvio padrão médio-lateral com olhos fechados; ² Desvio padrão anterior-posterior com olhos abertos; ³Desvio padrão anterior-posterior com olhos fechados;

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os testes de correlação mostraram que a plataforma de força Kistler e o baropodômetro BaroScan obtiveram a relação mais próxima dentre todos os equipamentos através das três variáveis empregadas no estudo, contudo a interação por vezes alta em relação aos intervalos de confiança adotados ficou restringida a direção anterior-posterior e em alguns casos na médio-lateral. Outra interação que mostrou um valor estatisticamente significativo foi entre os baropodômetros LiebScan e BaroScan, registrado em apenas um momento durante a análise da velocidade média na direção anterior-posterior no teste realizado com os olhos abertos.

No estudo realizado por Junior, Ferreira et al (2021) também foi feita uma comparação das variáveis entre um baropodômetro e uma plataforma de força por meio da correlação de Pearson e pelo teste de Bland-Altman que será abordado no decorrer do trabalho. O objetivo do trabalho desses pesquisadores era validar o deslocamento do COP em pacientes com dor lombar crônica não especificada durante tarefas funcionais por meio de baropodometria, sendo utilizada uma plataforma de força para corroborar o estudo e também se compara os resultados.

Dos resultados apresentados envolvendo os coeficientes de correlação obtidos pelos pesquisadores entre os dois equipamentos, foram obtidos valores moderados e baixos nas duas primeiras tarefas desempenhadas pelos participantes do estudo, sendo observado valores altos apenas na terceira tarefa onde as variáveis de destaque foram as velocidades médias e os desvios padrões nas direções ML e AP.

A partir desses resultados obtidos de um estudo com escopo diferente, contudo que também realizou uma averiguação do uso do baropodômetro em estudos estabilométricos por meio da comparação com a plataforma de força é que se abriu o espaço para a discussão dos dados obtidos nesse trabalho.

Para o presente estudo que foi realizado com o total de 10 voluntários em comparação com o do grupo citado anteriormente, sendo 37 pacientes, os resultados apresentaram uma semelhança parcial entre um baropodômetro em relação a uma plataforma de força mesmo em tarefas desempenhadas de maneira diferente.

Ao se utilizar a ANOVA de medidas repetidas para se realizar a comparação dos equipamentos por meio da distribuição de grupos com amostras independentes, foram adotados como grupos os equipamentos e como amostras os voluntários, que participaram de todas as coletas mantendo assim o número de amostras necessário para esse teste.

Os cálculos da ANOVA e teste de Tukey também foram realizadas no software SigmaPlot®. Como as amostras das Tabelas 11, 12, 13 e 14 não apresentaram distribuição normal em algum dos seus grupos, o software realiza a análise da variância por meio do teste de Friedman, que atua de maneira semelhante a ANOVA mas aborda os dados de forma não-paramétrica.

Assim após seu processamento pelo teste de Friedman os dados são realmente interpretados pelo teste de Tukey que realiza a separação de duplas que não possuem diferenças estatisticamente significantes.

Os equipamentos que não apresentaram diferença significativa entre seus valores médios de grupo em relação as velocidades médias ML e AP obtidas nas circunstâncias de OA e OF foram, a plataforma de força e o LiebScan, ao se aplicar o teste de Tukey nos seus dados.

Tabela 11 - Velocidade médio-lateral com olhos abertos (Tukey)

Comparação	Dif. dos Ranks*	q¹	p<0,05²
LiebScan vs BaroScan	188,00	6,753	Sim
LiebScan vs Kistler	76,000	2,730	Não

Kistler vs BaroScan	112,000	4,023	Sim
---------------------	---------	-------	-----

Nota: *Diferença das classificações; ¹Intervalo de confiança; ²Valor P;
 Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 12 - Velocidade anterior-posterior com olhos abertos (Tukey)

Comparação	Dif. dos Ranks*	q¹	p<0,05²
LiebScan vs BaroScan	193,000	6,933	Sim
LiebScan vs Kistler	86,000	3,089	Não
Kistler vs BaroScan	107,000	3,844	Sim

Nota: *Diferença das classificações; ¹Intervalo de confiança; ²Valor P;
 Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 13 - Velocidade médio-lateral com olhos fechados (Tukey)

Comparação	Dif. dos Ranks*	q¹	p<0,05²
LiebScan vs BaroScan	193,000	6,933	Sim
LiebScan vs Kistler	86,000	3,089	Não
Kistler vs BaroScan	107,000	3,844	Sim

Nota: *Diferença das classificações; ¹Intervalo de confiança; ²Valor P;
 Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 14 - Velocidade anterior-posterior com olhos fechados (Tukey)

Comparação	Dif. dos Ranks*	q¹	p<0,05²
LiebScan vs BaroScan	193,000	6,933	Sim
LiebScan vs Kistler	86,000	3,089	Não
Kistler vs BaroScan	107,000	3,844	Sim

Nota: *Diferença das classificações; ¹Intervalo de confiança; ²Valor P;
 Fonte: Elaboração do próprio autor.

Ao se processar as ANOVAS dos desvios padrões do COP em ambas direções foi obtida uma distribuição normal nos desvios dos grupos com os dados na direção AP nos testes de OF, por esse motivo a Tabela 18 se distingue das Tabelas 15, 16 e 17.

Em todas as comparações a plataforma de força não teve uma diferença significativa em relação ao LiebScan, entretanto, nos valores dos grupos que

representavam os desvios na direção ML com OF, Tabela 15, o equipamento da Kistler também não teve valores médios diferentes do BaroScan estatisticamente.

Tabela 15 - Desvio padrão médio lateral com olhos abertos (Tukey)

Comparação	Dif. dos Ranks*	q¹	p<0,05²
LiebScan vs BaroScan	172,000	6,178	Sim
LiebScan vs Kistler	65,000	2,335	Não
Kistler vs BaroScan	107,000	3,844	Sim

Nota: *Diferença das classificações; ¹Intervalo de confiança; ²Valor P;
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 16 - Desvio padrão anterior-posterior com olhos abertos (Tukey)

Comparação	Dif. dos Ranks*	q¹	p<0,05²
LiebScan vs BaroScan	136,000	4,885	Sim
LiebScan vs Kistler	47,000	1,688	Não
Kistler vs BaroScan	89,000	3,197	Não

Nota: *Diferença das classificações; ¹Intervalo de confiança; ²Valor P;
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 17 - Desvio padrão médio lateral com olhos fechados (Tukey)

Comparação	Dif. dos Ranks*	q¹	p<0,05²
LiebScan vs BaroScan	122,000	4,382	Sim
LiebScan vs Kistler	16,000	0,575	Não
Kistler vs BaroScan	106,000	3,808	Sim

Nota: *Diferença das classificações; ¹Intervalo de confiança; ²Valor P;
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 18 - Desvio padrão anterior-posterior com olhos fechados (Tukey)

Comparação	Dif. das médias*	Q¹	P<0,05²
LiebScan vs BaroScan	2,500	0,003	Sim
LiebScan vs Kistler	0,453	0,783	Não
Kistler vs BaroScan	2,048	0,014	Sim

Nota: *Diferença mínima significativa; ¹Intervalo de confiança; ²Valor P;
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Nas comparações realizadas com os grupos que tiveram seus valores médio provenientes das variáveis amplitude, apenas os dados da direção ML obtidos da coleta OF, Tabela 20, tiveram uma distribuição normal em todos os equipamentos.

Os valores médios dos grupos referentes a plataforma de força e o LiebScan baseado no seu p valor não tiveram uma diferença estatisticamente relevante, tornando esses dois equipamentos os mais consistentes em relação as variáveis utilizadas nas comparações por meio do padrão de resultados que apresentaram nos testes.

Tabela 19 - Amplitude médio-lateral com olhos abertos (Tukey)

Comparação	Dif. dos Ranks*	q¹	p<0,05²
LiebScan vs BaroScan	178,000	6,394	Sim
LiebScan vs Kistler	56,000	2,012	Não
Kistler vs BaroScan	122,000	4,382	Sim

Nota: *Diferença das classificações; ¹Intervalo de confiança; ²Valor P;
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 20 - Amplitude anterior-posterior com olhos abertos (Tukey)

Comparação	Dif. das médias*	Q¹	P<0,05²
LiebScan vs BaroScan	10,127	<0,001	Sim
LiebScan vs Kistler	0,300	0,985	Não
Kistler vs BaroScan	9,827	<0,001	Sim

Nota: *Diferença mínima significativa; ¹Intervalo de confiança; ²Valor P;
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 21 - Amplitude médio lateral com olhos fechados (Tukey)

Comparação	Dif. dos Ranks*	q¹	p<0,05²
LiebScan vs BaroScan	154,000	5,532	Sim
LiebScan vs Kistler	35,000	1,257	Não
Kistler vs BaroScan	119,000	4,275	Sim

Nota: *Diferença das classificações; ¹Intervalo de confiança; ²Valor P;
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 22 - Amplitude anterior-posterior com olhos fechados (Tukey)

Comparação	Dif. dos Ranks*	q¹	p<0,05²
LiebScan vs BaroScan	128,000	4,598	Sim
LiebScan vs Kistler	7,000	0,251	Não
Kistler vs BaroScan	121,000	4,346	Sim

Nota: *Diferença das classificações; ¹Intervalo de confiança; ²Valor P;
 Fonte: Elaboração do próprio autor.

Com a análise de variância de medidas repetidas foi realizada a comparação de valores médios entre diferentes equipamentos com a amostras iguais, assim o objetivo era averiguar se os equipamentos seriam semelhantes ou não.

Os equipamentos que obtiveram resultados estatisticamente semelhantes baseados no p valor determinado pelo teste foram a plataforma de força Kistler e o baropodômetro LiebScan. Em uma das interações a plataforma e o BaroScan também foram compatíveis, contudo, em nenhuma comparação os dois baropodômetros obtiveram um valor médio estatisticamente significativo.

Ao se utilizar a técnica de Bland-Altman, que é indicada para a comparação entre instrumentos de medida, foi possível averiguar se os resultados obtidos pelo teste de Tukey foram realmente condizentes.

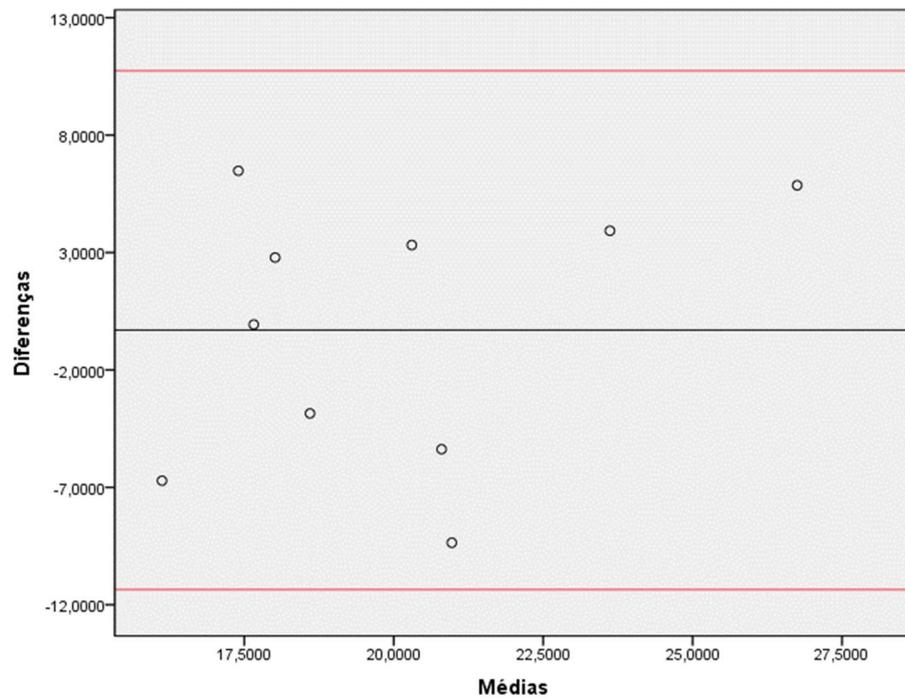
Para o processamento estatístico dos dados foi utilizado o *software* IBM® SPSS®, que no primeiro momento realizou o teste-T para uma amostra e assim verificar se o P valor obtido é ou não menor que a probabilidade de se rejeitar a hipótese nula que é de 0,05.

Após serem realizados os teste-T, as variáveis de velocidade média nas direções ML e AP obtiveram P valores superiores a 0,05, o que fez com que não fosse necessário prosseguir para a plotagem do gráfico de dispersão. Assim as Figuras 16, 17 e 18 representam as dispersões das diferenças em relação as médias obtidas entre as medidas em relação os valores coletados pela plataforma de força e o LiebScan.

Mesmo que a maioria das variáveis de amplitude tenham passado no teste-T para uma amostra, as variáveis coletadas no teste que analisou a amplitude na direção

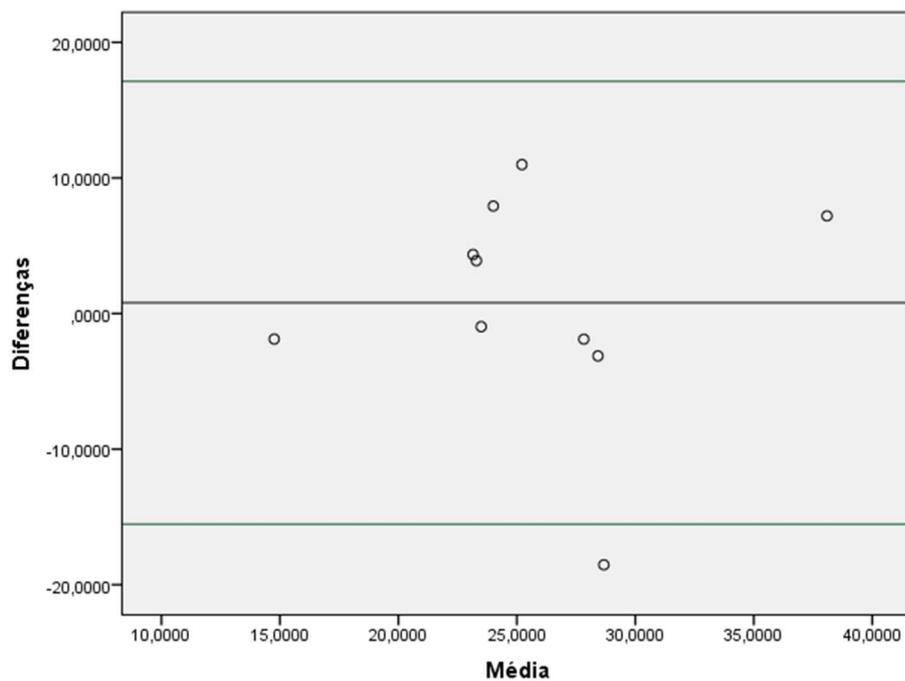
ML com os olhos abertos não obteve um p valor inferior ao de hipótese nula. Assim um total de 3/4 das amplitudes analisadas tiveram seus gráficos plotados.

Figura 16 - Amplitude AP – OA – Kistler X LiebScan (Bland-Altman)



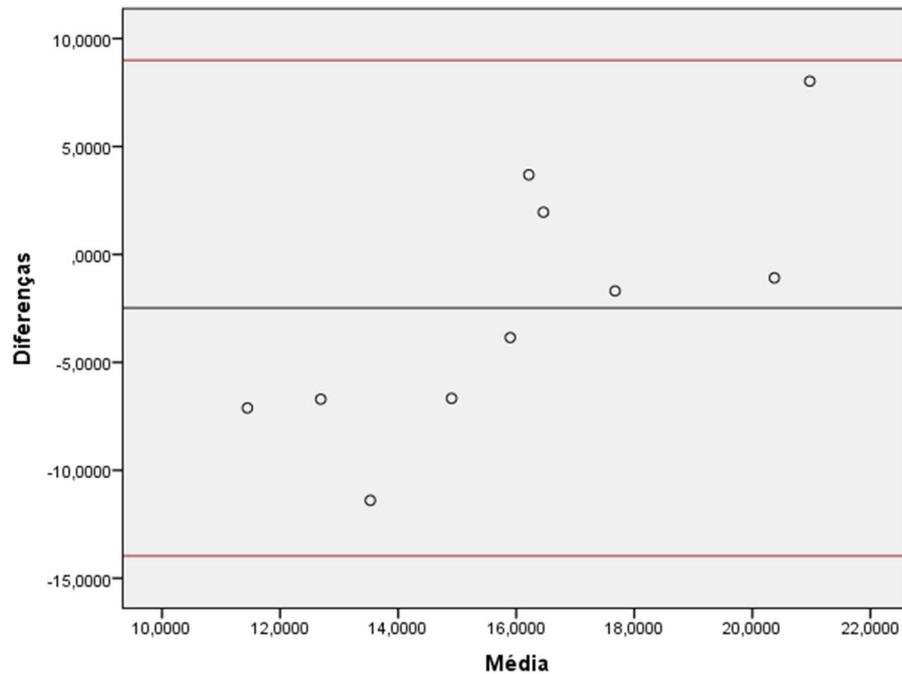
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 17 - Amplitude AP – OF – Kistler X LiebScan (Bland-Altman)



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 18 - Amplitude ML – OF – Kistler X LiebScan (Bland-Altman)



Fonte: Elaboração do próprio autor.

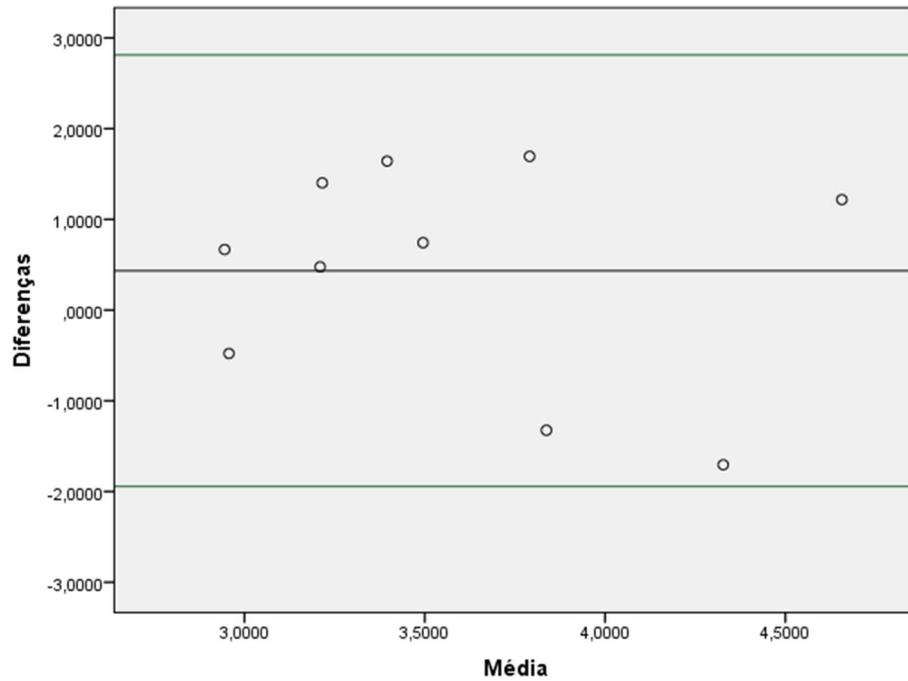
As dispersões em torno da média das diferenças mostraram que as amplitudes obtiveram uma homogeneidade em sua distribuição, o que agregou uma confiança ainda maior para as análises realizadas.

O segundo grupo de variáveis que também tiveram suas dispersões plotadas no modelo de Bland-Altman foram as dos desvios padrões das coordenadas ML e AP dos COPs. Assim como no caso envolvendo as variáveis de amplitude, foi obtido novamente a relação de semelhança entre os valores da plataforma Kistler e o LiebScan, sendo enfatizado através da proximidade das médias das diferenças do valor 0, como representado nas Figuras 19,20 e 21.

É possível observar que nas variáveis da direção AP nas coletas com OA e OF, as distribuições não apresentaram homogeneidade na divisão dos valores em torno da média. Isso indica que pode haver uma tendência para os desvios, e para realizar a verificação, foi aplicada a técnica de regressão linear utilizando como variável dependente as diferenças e independente as médias, para assim se obter o valor de significância.

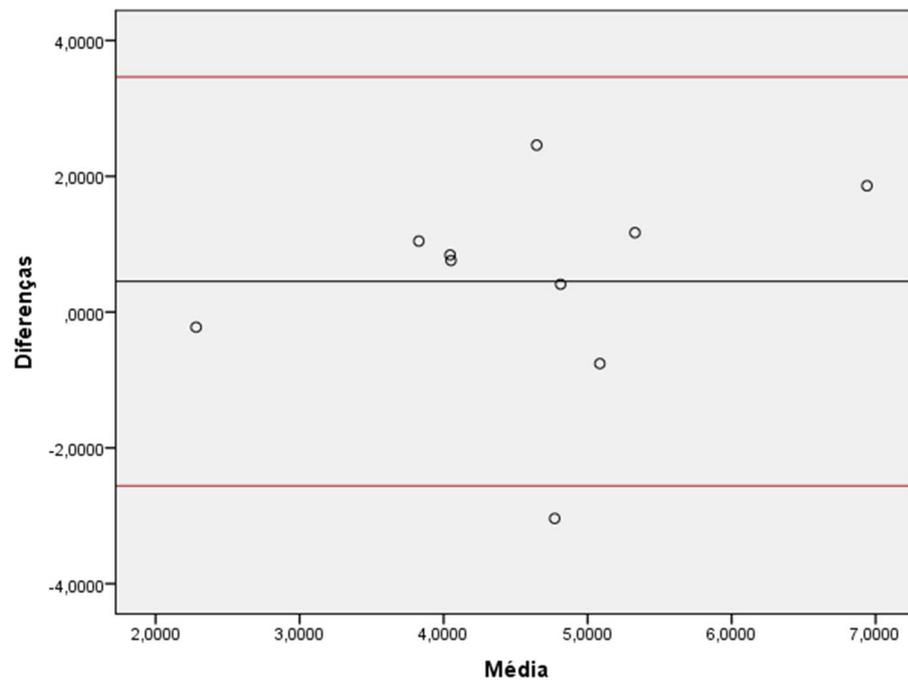
Por meio desse teste foi constatado que não existe uma tendência nos desvios a direção AP, já que os valores de significância obtidos foram superiores a referência de 0,05.

Figura 19 - Desvio padrão AP – OA – Kistler X LiebScan (Bland-Altman)



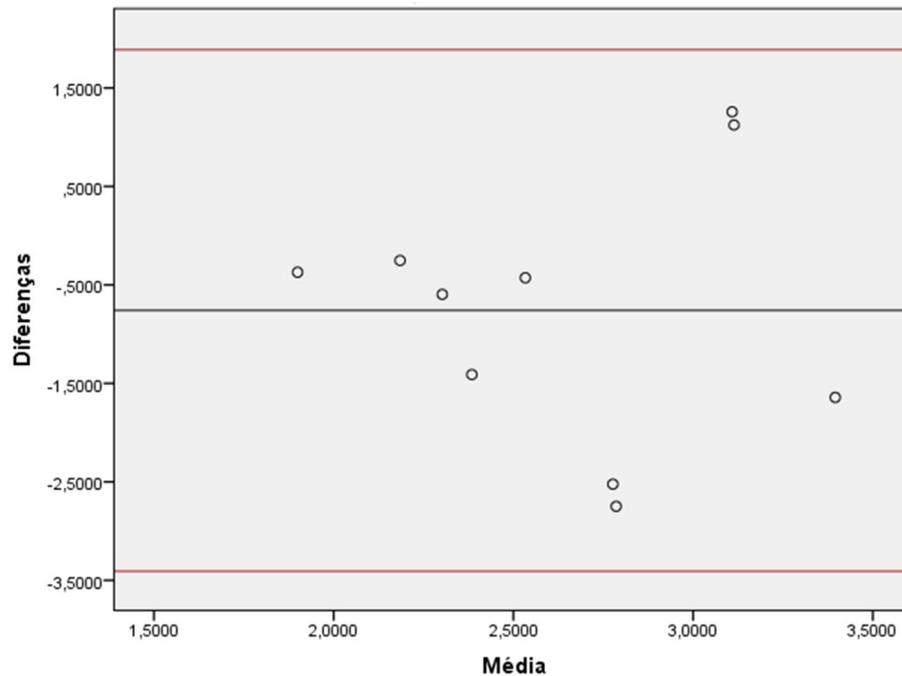
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 20 - Desvio padrão AP – OF – Kistler X LiebScan (Bland-Altman)



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 21 - Desvio padrão ML – OA – Kistler X LiebScan (Bland-Altman)

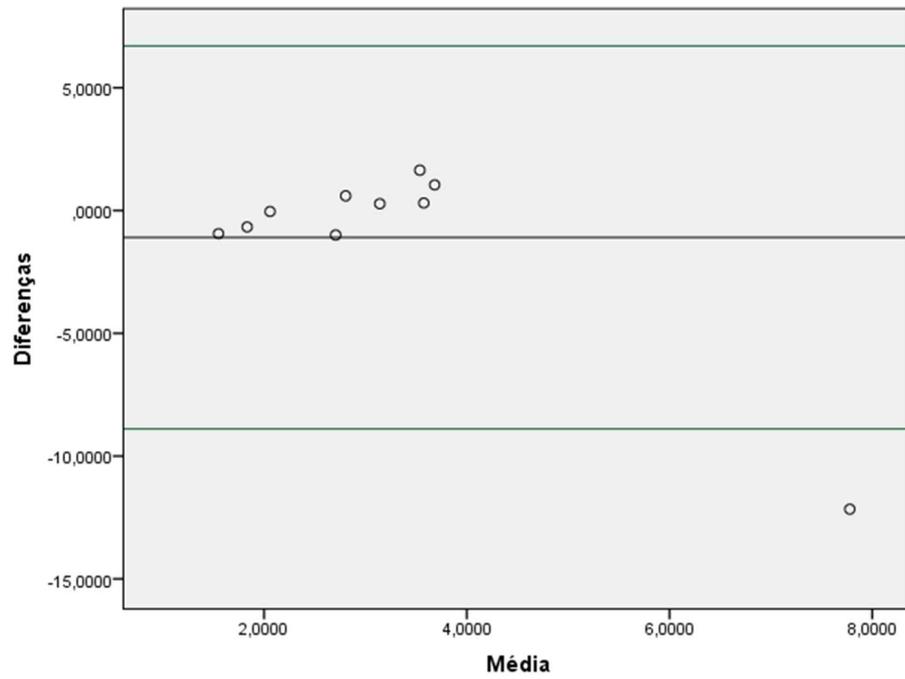


Fonte: Elaboração do próprio autor.

Nos teste realizados com os dados na direção ML e com OF, Figuras 22 e 23, foi empregado novamente o método de regressão linear devido os dados dispersos demonstrarem uma tendência visual de tenderem para um valor maior em relação à média. Com a realização da regressão foi obtido o valor de significância igual a 0,004, sendo menor que 0,05, afirmando que de fato existe uma tendência nos dados.

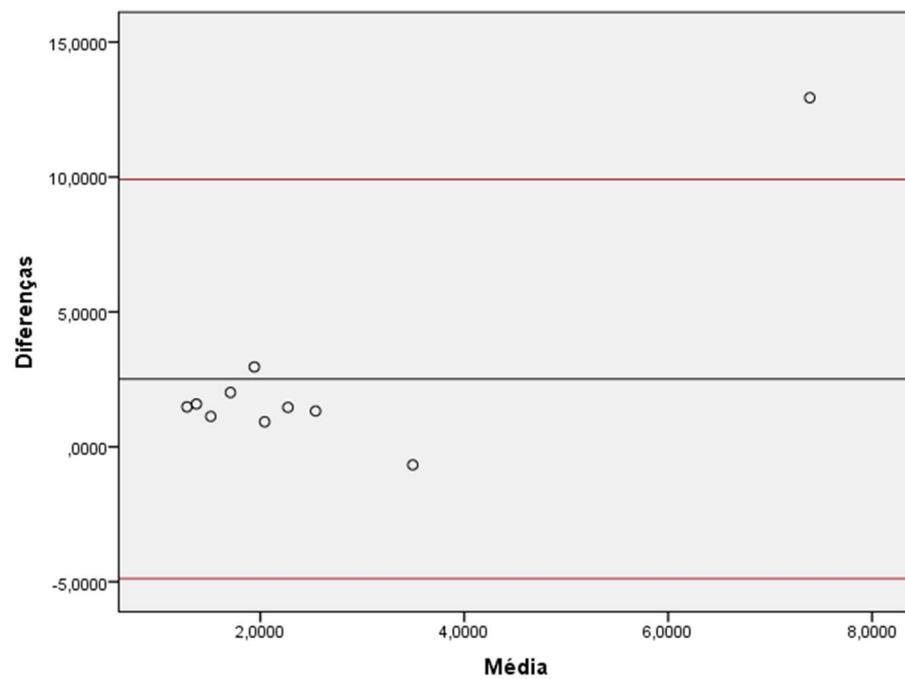
Na Figura 23 foi observada outra tendência, agora envolvendo as diferenças entre as medições dos equipamentos LiebScan e BaroScan ao se agruparem abaixo do valor médio. Por meio do teste-T para uma amostra, foi obtido o valor significativo de 0,064, sendo maior que o critério de 0,05, contudo, ainda muito próximo dele, permitindo assim a plotagem do gráfico. Entretanto, por meio da regressão linear foi possível se constatar que existe uma tendência pois o valor de significância obtido foi $0,002 < 0,05$.

Figura 22 - Desvio padrão ML – OF – Kistler X LiebScan (Bland-Altman)



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 23 - Desvio padrão ML - OF - LiebScan X BaroScan (Bland-Altman)



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Ao se fazer uma comparação dos resultados obtidos por meio do uso de ANOVA para dados repetidos, atrelado ao teste de Tukey que separa os grupos de equipamentos, em relação as informações obtidas por meio dos testes de Bland-Altman, foi possível verificar que existe correlação entre os valores médios dos grupos formados pelos dados coletados na plataforma de força Kistler e no baropodômetro LiebScan nas variáveis amplitude e desvio padrão

Como comentado anteriormente, o grupo formado por Junior, Ferreira et al (2021) além de ter aplicado a correlação de Pearson eles também aplicaram o teste de Bland-Altman para validar o uso do baropodometro em avaliação da estabilidade postural. Em seu trabalho eles concluíram que o baropodômetro pode ser usado para medir o deslocamento do COP pois diversas variáveis foram correlacionadas com as da plataforma de força.

As interações entre os valores médios dos grupos que não puderam ser estabelecidas nesse estudo foram entre os dois baropodômetros e também do BaroScan e a plataforma de força. Em algumas variáveis foi possível correlacionar os equipamentos, mas em vista da falta de um recorrência dessa resposta nas demais variáveis não se pode realizar afirmações a respeito do comportamento dos equipamentos pois no teste com voluntários existe a probabilidade de divergência tende a se acentuar entre cada equipamento.

5 CONCLUSÃO

Das coletas realizadas foram obtidas as acurácias de $0,62 \pm 0,16$ cm na direção ML e $0,61 \pm 0,31$ cm na AP utilizando as massas e de $1,22 \pm 0,66$ cm em ML e $0,35 \pm 0,21$ cm na AP nos testes com baricentros. Para o LiebScan no teste com massas foi determinada uma acurácia de $0,38 \pm 0,13$ cm em ML e $0,39 \pm 0,15$ cm na direção AP, já nos testes com baricentros as acurácias foram, $1,64 \pm 1,38$ cm em ML e de $1,64 \pm 1,47$ cm na AP. Também foi constatado que existe uma tendência de a acurácia dos equipamentos testados aumentarem em proporção com a massa do corpo de teste, o que condiz com o esperado da escala de funcionamento dos equipamentos.

Na análise com os 10 voluntários através da correlação de Pearson, as variáveis de velocidade média, amplitude e desvio padrão nas direções ML e AP da plataforma de força apresentaram valores altos e moderados em relação aos intervalos adotados para o coeficiente na direção AP, quando comparado a regressão realizada com o BaroScan. Essa análise demonstrou que esses dois equipamentos possuem relação linear entre suas variáveis.

Por meio de ANOVA usual e também de medidas repetidas foi utilizado o teste de Tukey para comparação de grupos, sendo obtido por meio das 3 variáveis que a plataforma de força e o LiebScan não possuem diferenças estatisticamente significativas. Essa resposta ganhou mais notoriedade através do teste de Bland-Altman, que também demonstrou essa relação estatística entre os grupos dos dois equipamentos, contudo diferente do teste de Tukey, apenas as variáveis de amplitude e desvio padrão apresentaram essa relação.

Dos testes realizados pode-se concluir que ao se tratar os equipamentos como medidas dependentes de suas variáveis através da correlação de Pearson apenas a plataforma e o BaroScan obtiveram uma relação linear, já quando se abordou os equipamentos como grupos e as variáveis como sendo as medidas repetidas, foram o baropodômetro LiebScan e a plataforma de força que demonstraram a maior semelhança.

Essa resposta mostra um comportamento não condizente entre o que foi obtido por ANOVA em relação a correlação de Pearson, mostrando assim que a natureza

dos dados coletados utilizando voluntários, não foi a escolha mais acertada para realizar a comparação entre os equipamentos.

Além da limitação com o *software* do BaroScan na análise a acurácia dos COPs, a quantidade de voluntários, foi restrita devido ao estudo se decorrer no período pandêmico.

Como perspectiva para pesquisas futuras, pode-se realizar novamente a comparação entre o LiebScan e outro baropodômetro comercial, aperfeiçoar os testes e verificar o grau de proximidade que pode ser obtido, averiguando assim, o motivo de não ter sido estabelecido uma relação entre os baropodômetros nesse estudo.

Para o estudo dinâmico do COP é indicado que seja utilizado um mecanismo que propicie uma trajetória controlada e com ajustes de pressão sobre as superfícies dos equipamentos, possibilitando análises mais precisas das variáveis estabilométricas que evidenciem ainda mais a relação entre os equipamentos.

REFERÊNCIAS

- BAROSCAN. **Site da BaroScan**, 2021. Disponível em: <<https://www.baroscan.com/baroscan/>>. Acesso em: 01 Agosto 2021.
- CASTRO, F. R. **Sistema Baropodométrico e Classificação de Escoliose Utilizando Técnicas de Machine Learning**. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Ilha Solteira, p. 140 f. 2019.
- CHERN, J. et al. **Severity of spine malalignment on center of pressure progression during level walking in subjects with adolescent idiopathic scoliosis**. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. [S.l.]: [s.n.]. 2014. p. 5888-5891.
- DOĞAN, N. Ö. Bland-Altman analysis: A paradigm to understand correlation and agreement. **Turkish journal of emergency medicine**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 139-141, 2018.
- DUARTE, M.; FREITAS, S. M. S. F. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 14, n. 3, p. 183-192, 2010.
- FARIA, B.; OLIVEIRA, B. Como interpretar uma análise de variância (ANOVA). **ABG Consultoria Estatística**, Belo Horizonte, v. 10, 2017. Acesso em: 23 Janeiro 2022.
- GUIMARÃES, P. R. B. Análise de correlação e medidas de associação. **Universidade Federal do Paraná**, 2017. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~jomarc/correlacao.pdf>. Acesso em: 22 Janeiro 2022.
- HERRAN, A. M. D. L.; ZAPIRAIN, B. G.; ZORILLA, A. M. Gait Analysis Methods: An Overview of Wearable and Non-Wearable Systems, Highlighting Clinical Applications (Review). **Sensors**, Basel, n. 14, p. 3362-3394, 2014.
- JUNIOR, P. M. P. et al. Concurrent validation of the centre of pressure displacement analysed by baropodometry in patients with chronic non-specific low back pain during functional tasks. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, 2021.
- KISTLER. **Brochure, Biomechanics, Measuring Systems**. [S.l.], p. 24. 2008.

-
- KISTLER. Product Overview (Force Plates). **Site da Bleif**, 2008. Disponível em: <http://www.bleif.com.ar/descargas/biomecanica/60_Biomechanics_products_en.pdf>. Acesso em: 1 Agosto 2021.
- MEHDIZADEH, S. et al. A systematic review of center of pressure measures to quantify gait changes in older adults. **Experimental Gerontology**, Philadelphia, v. 143, p. 111170, 2021.
- PRASERTSAKUL, T. et al. Correlational study of the center of pressure measures of postural steadiness on five different standing tasks in overweight adults. **Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik**, Berlin, v. 65, n. 3, p. 367-378, 2020.
- QUIJOUX, F. et al. A review of center of pressure (COP) variables to quantify standing balance in elderly people: Algorithms and open- access code*. **Physiological Reports**, Rockville, p. 32, 2021.
- ROMERO, M. D. V. et al. Proposta de programa de treinamento do equilíbrio corporal para público infantil por meio de revisão integrativa da literatura. **CEFAC**, [s. l.], v. 23, 2021.
- ROSÁRIO, J. L. P. A review of the utilization of baropodometry in postural assessment. **Journal of Bodywork & Movement Therapies**, Oxford, n. 18, p. 215-219, 2014.
- SAFI, K. et al. **Postural stability analysis: a review of techniques and methods for human stability assessment**. 2017 Fourth International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME). [S.l.]: IEEE. 2017. p. 1-4.
- STATISTICS, L. One-sample t-test using SPSS Statistics. **Statistical tutorials and software guides**, 2015.
- SUTHERLAND, D. H. The evolution of clinical gait analysis part III – kinetics and energy assessment. **Gait Posture**, Amsterdam, n. 21, p. 447-461, 2005.
- TECHNOLOGY, H. **BAROSCAN: Manual de instruções**. Londrina-PR: [s.n.], 2020.
- VALERIO, P. M. et al. Influence of type 1 diabetes on the postural control of women in the third Influence of type 1 diabetes on the postural control of women in the third. **Clinical Biomechanics**, Oxford, v. 77, p. 105062, 2020.