

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

Rodrigo Alves França

**O USO DO ACELERÔMETRO ACTIGRAPH®
GT3X PARA AVALIAÇÃO DOS SALTOS
VERTICAIS: EVIDÊNCIAS DE VALIDAÇÃO.**

Santa Maria, RS.

2023

Rodrigo Alves França

**O USO DO ACELERÔMETRO ACTIGRAPH® GT3X
PARA AVALIAÇÃO DOS SALTOS VERTICAIS:
EVIDÊNCIAS DE VALIDAÇÃO.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção de título de **Mestre em Educação Física**.

Orientadora: Prof. Dra. Daniela Lopes dos Santos.

Santa Maria, RS.
2023

FRANÇA, RODRIGO ALVES
O USO DO ACELERÔMETRO ACTIGRAPH® GT3X PARA AVALIAÇÃO
DOS SALTOS VERTICAIS: EVIDÊNCIAS DE VALIDAÇÃO. / RODRIGO
ALVES FRANÇA.- 2023.
51 p.; 30 cm

Orientador: DANIELA LOPES DOS SANTOS
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Educação Física e desportos, Programa de
Pós-Graduação em Educação Física, RS, 2023

1. AVALIAÇÃO FÍSICA 2. POTÊNCIA MUSCULAR 3. SALTOS
VERTICAIS 4. ACELERÔMETROS I. SANTOS, DANIELA LOPES DOS
II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, RODRIGO ALVES FRANÇA, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Rodrigo Alves França

O USO DO ACELERÔMETRO ACTIGRAPH® GT3X PARA AVALIAÇÃO DOS
SALTOS VERTICAIS: EVIDÊNCIAS DE VALIDAÇÃO.

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção de título de **Mestre em Educação Física**.

Aprovada em 27 de maio de 2023



Prof. Dra. Daniela Lopes dos Santos (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Prof. Dra. Silvana Correia Matheus (UFSM)



Prof. Dr. Domingos Rodrigues Pandeló Junior (CBTri)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, que esteve sempre ao meu lado durante esta jornada. Dedico ao meu filho Pedro, que sempre foi um filho compreensivo e preocupado com o mestrado, você é e sempre será minha maior força. À minha esposa Leticia, a maior apoiadora desta investida, sempre ao meu lado, me incentivando, você é meu porto seguro.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho só foi possível através do auxílio, dedicação e muito trabalho de várias pessoas. Agradeço a todos, que de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste estudo e, de uma maneira especial, agradeço:

- À minha orientadora Prof. Dr. Daniela Lopes dos Santos, que me acolheu, me ensinou, e me direcionou no caminho acadêmico, sempre com palavras de incentivo, e me acalmando durante todo o processo do mestrado, você foi fundamental.

- Aos membros do Núcleo de Estudos em Exercício Físico e Saúde (NESEFIS), aprendi tanto com vocês, me tornei uma nova pessoa convivendo com todos.

-Aos membros do Grupo de Estudos em Excelência Esportiva e Manutenção da Saúde (GEEMS), em especial aos Professores Msc. Igor Barbosa e Dr. Luiz Fernando Cuzzo Lemos, este um grupo que tanto me ajudou, enfrentando viagens para dar continuidade as pesquisas, mesmo durante a pandemia.

-Aos membros do Laboratório de Biomecânica (LABIOMECC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em especial aos Professores Dra. Michelle Saccol e Dr. Fabio Lanferdini, com certeza este trabalho não sairia do papel sem o auxílio de vocês.

-Aos atletas e treinadores que dedicaram seu tempo, acreditando nas pesquisas científicas no esporte.

-Aos atletas e treinadores da Sociedade de Ginástica de Porto Alegre (SOGIPA), em especial ao Prof. Gerimar Souza, que participaram durante a fase piloto do projeto, sendo de fundamental importância para o desenvolvimento do trabalho.

-Aos meu pai, Jorge Paulo, que se emocionou ao telefone quando recebeu a notícia de minha aprovação no mestrado.

-À minha mãe Valdirene, que sabe a quanto tempo quero o mestrado, e foi um ombro acolhedor, mesmo à distância.

-À todos do Centro de Educação Física e Desporto (CEFD) da UFSM, um local de aprendizagem e dedicação.

-À Universidade Federal de Santa Maria, uma universidade pública, gratuita, e uma referência em todo o Brasil.

RESUMO

O USO DO ACELERÔMETRO ACTIGRAPH® GT3X PARA AVALIAÇÃO DOS SALTOS VERTICAIS: EVIDÊNCIAS DE VALIDAÇÃO.

AUTOR: Rodrigo Alves França.

ORIENTADORA: Daniela Lopes dos Santos.

Diversas publicações científicas focam suas investigações numa importante função neuromuscular, a potência. A potência muscular é a capacidade do músculo em produzir força num curto espaço de tempo. Esta habilidade é parte fundamental do rendimento atlético de diversos esportes. Nas últimas décadas, surgiram diversos métodos de quantificar a potência muscular de membros inferiores, sendo possível mapear o perfil atlético em relação a esta capacidade física. Os acelerômetros são largamente utilizados para determinar o nível de atividade física e tempo sedentário, tendo a marca Actigraph® se destacado neste cenário, no entanto, estes equipamentos podem ser utilizados com outras finalidades. Por se tratar de um equipamento que em sua concepção mensura aceleração, torna-se possível sua utilização para calcular a velocidade, força e potência de um movimento. O equipamento considerado padrão ouro para este tipo de avaliação é a plataforma de força. Assim, o presente trabalho analisa a correlação e concordância entre os dois métodos de mensuração da potência de membros inferiores, avaliando atletas de diversas modalidades, utilizando simultaneamente os dois equipamentos. Para tal iniciativa, foram selecionados os testes de *Squat Jump* (SJ) e *Countermovement Jump* (CMJ). Foram avaliados 42 atletas, com idade média de $22,40 \pm 5,8$ anos, massa corporal média de $82,45 \pm 19,99$ kg e estatura média de $1,78 \pm 0,077$ cm, divididos em três modalidades, o atletismo ($n=16$), o basquete ($n=12$) e o futebol americano ($n=14$). Os resultados de potência relativa (W/kg) para a plataforma de força e acelerômetro no SJ de cada modalidade e todo grupo junto foram respectivamente: Atletismo - PLAT= $93,86 \pm 14,32$ W/kg e ACEL= $94,16 \pm 14,14$ W/kg, Basquete - PLAT= $87,79 \pm 6,94$ W/kg e ACEL= $88,06 \pm 6,54$ W/kg, Futebol Americano - PLAT= $76,68 \pm 14,94$ W/kg e ACEL= $75,71 \pm 15,20$ W/kg e todo o grupo junto - PLAT= $86,4 \pm 14,60$ W/kg e ACEL= $86,16 \pm 14,84$ W/kg. Para o CMJ foram encontrados os resultados: Atletismo - PLAT= $96,19 \pm 14,51$ W/kg e ACEL= $96,46 \pm 14,52$ W/kg, Basquete - PLAT= $88,86 \pm 6,63$ W/kg e ACEL= $86,69 \pm 6,65$ W/kg, Futebol Americano - PLAT= $77,65 \pm 14,35$ W/kg e ACEL= $78,06 \pm 14,68$ W/kg e todo o grupo junto - PLAT= $87,93 \pm 14,72$ W/kg e ACEL= $88,46 \pm 14,81$ W/kg. Após realização de estatística descritiva e inferencial, foram encontrados alta correlação (Pearson) entre os métodos, para todas os grupos nos dois tipos de salto (Atletismo, SJ $r=0,994$ e CMJ $r=0,993$, Basquete, SJ $r=0,987$ e CMJ $r=0,981$, Futebol americano, SJ $r=0,992$ e CMJ $r=0,998$ e Todos, SJ $r=0,993$ e CMJ $r=0,997$). Foi encontrado também concordância (Bland-Altman) para o SJ em todos os grupos (Atletismo, $p=0,447$, Basquete, $p=0,438$, Futebol americano, $p=0,073$ e Todos, $p=0,454$), já para o CMJ só foram concordantes para os grupos atletismo e futebol americano (Atletismo, $p=0,540$, Basquete, $p=0,049$, Futebol americano, $p=0,179$ e Todos, $p=0,005$). Os resultados sugerem evidências de validação para a avaliação da potência muscular de membros inferiores com os saltos verticais utilizando o acelerômetro Actigraph® GT3X, com ressalvas no CMJ, devido a inconsistências na captura dos dados.

Palavras-chave: Avaliação Física. Potência Muscular. Saltos Verticais. Acelerômetro.

ABSTRACT

THE USE OF THE ACTIGRAPH® GT3X ACCELEROMETER FOR EVALUATION OF VERTICAL JUMPS: EVIDENCE OF VALIDATION.

AUTHOR: Rodrigo Alves França.
ADVISOR: Daniela Lopes dos Santos.

Several scientific publications focus their questions on an important neuromuscular function, potency. Muscle power is the ability of the muscle to produce force in a short period of time. This skill is a fundamental part of the athletic performance of several sports. In the last decades, several methods were created to quantify the muscle power of the lower limbs, making it possible to access the athletic profile considering this physical capacity. Accelerometers are widely used to determine the level of physical activity and sedentary time, and Actigraph® is a renowned brand, however, they can be used for other purposes. Since it is a device that measures acceleration, it becomes possible to use it to calculate the speed, force and power of a movement. The gold standard equipment for this type of evaluation is a force platform. Therefore, the present study analyzes the correlation and concordance between the two methods of measuring lower limbs' power, evaluating athletes from different modalities, using both equipment simultaneously. For this initiative, the Squat Jump (SJ) and Countermovement Jump (CMJ) tests were selected. Forty-two athletes were evaluated, with a mean age of 22.40 ± 5.8 years, mean body mass of 82.45 ± 19.99 kg and mean height of 1.78 ± 0.077 cm, divided into three sports modalities, athletics ($n = 16$), basketball ($n=12$) and football ($n=14$). The results of relative power (W/kg) for the force platform and accelerometer in the SJ of each modality and the whole group were respectively: Athletics - PLAT= 93.86 ± 14.32 W/kg and ACEL= 94.16 ± 14.14 W/kg, Basketball - PLAT= 87.79 ± 6.94 W/kg and ACEL= 88.06 ± 6.54 W/kg, Football - PLAT= 76.68 ± 14.94 W/kg and ACEL= 75.71 ± 15.20 W/kg and the whole group - PLAT= 86.4 ± 14.60 W/kg and ACEL= 86.16 ± 14.84 W/kg. For the CMJ, the following results were found: Athletics - PLAT= 96.19 ± 14.51 W/kg and ACEL= 96.46 ± 14.52 W/kg, Basketball - PLAT= 88.86 ± 6.63 W/kg and ACEL= 86.69 ± 6.65 W/kg, Football - PLAT= 77.65 ± 14.35 W/kg and ACEL= 78.06 ± 14.68 W/kg and the whole group - PLAT= 87.93 ± 14.72 W/kg and ACEL= 88.46 ± 14.81 W/kg. After completing the descriptive and inferential statistics, high correlation (Pearson) was found between the methods, for all groups in both types of jump (Athletics, SJ $r=0.994$ and CMJ $r=0.993$, Basketball, SJ $r=0.987$ and CMJ $r=0.981$, Football, SJ $r=0.992$ and CMJ $r=0.998$ and All, SJ $r=0.993$ and CMJ $r=0.997$). Statistical agreement (Bland-Altman) was also found for the SJ in all groups (Athletics, $p=0.447$, Basketball, $p=0.438$, Football, $p=0.073$ and All, $p=0.454$), whereas for the CMJ agreement was found only for the athletics and football groups (Athletics, $p=0.540$, Basketball, $p=0.049$, Football, $p=0.179$ and All, $p=0.005$). The results suggest validation efficacy for the evaluation of the muscle power of the lower limbs with vertical jumps using the Actigraph® GT3X accelerometer, with reservations to be observed in the CMJ, due to inconsistencies in data capture.

Keywords: Physical Assessment. Muscle Power. Vertical Jumps. Accelerometer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem ilustrativa do posicionamento do acelerômetro.....	25
Figura 2 - Imagem Ilustrativa do <i>Squat Jump</i>	27
Figura 3 – Imagem Ilustrativa do <i>Countermovement Jump</i>	27

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico de dispersão representando a correlação do <i>Squat Jump</i> , da modalidade atletismo.....	33
Gráfico 2 - Gráfico de dispersão representando a correlação do <i>Squat Jump</i> , da modalidade basquete.....	33
Gráfico 3 - Gráfico de dispersão representando a correlação do <i>Squat Jump</i> , da modalidade futebol americano.....	34
Gráfico 4 - Gráfico de dispersão representando a correlação do <i>Squat Jump</i> , de todas as modalidades juntas.....	34
Gráfico 5 - Gráfico de dispersão representando a correlação do <i>Countermovement Jump</i> , da modalidade atletismo.....	35
Gráfico 6 - Gráfico de dispersão representando a correlação do <i>Countermovement Jump</i> , da modalidade basquete.....	35
Gráfico 7 - Gráfico de dispersão representando a correlação do <i>Countermovement Jump</i> , da modalidade futebol americano.....	36
Gráfico 8 - Gráfico de dispersão representando a correlação do <i>Countermovement Jump</i> , de todas as modalidades juntas.....	36
Gráfico 9 - Gráfico de Bland-Altman, representando o <i>Squat Jump</i> , da modalidade atletismo.....	37
Gráfico 10 - Gráfico de Bland-Altman, representando o <i>Squat Jump</i> , da modalidade basquete.....	38
Gráfico 11 - Gráfico de Bland-Altman, representando o <i>Squat Jump</i> , da modalidade futebol americano.....	38
Gráfico 12 - Gráfico de Bland-Altman, representando o <i>Squat Jump</i> , de todas as Modalidades juntas.....	39
Gráfico 13 - Gráfico de Bland-Altman, representando o <i>Countermovement Jump</i> , da modalidade atletismo.....	39
Gráfico 14 - Gráfico de Bland-Altman, representando o <i>Countermovement Jump</i> , da modalidade basquete.....	40
Gráfico 15 - Gráfico de Bland-Altman, representando o <i>Countermovement Jump</i> , da modalidade futebol americano.....	40
Gráfico 16 - Gráfico de Bland-Altman, representando o <i>Countermovement Jump</i> , de todas as modalidades juntas.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados demográfico dos sujeitos.....	24
Tabela 2 - Resultados de potência relativa do <i>Squat Jump</i>	31
Tabela 3 - Resultados de potência relativa do <i>Countermovement Jump</i>	32
Tabela 4 - Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk.....	32
Tabela 5 - Resultados de p do Teste T das diferenças entre os instrumentos.....	37
Tabela 6 - Valores referentes ao Tamanho de efeito.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SV	Saltos Verticais
SJ	Squat Jump
CMJ	Countermovement Jump
GLAss	Grupo de Laboratórios Associados
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
AMTI	Advanced Mechanical Technology Inc
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	APRESENTAÇÃO DO TEMA	14
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo Geral	16
1.2.2	Objetivos Específicos	16
1.3	JUSTIFICATIVA	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
3	METODOLOGIA	23
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	23
3.2	GRUPO DE ESTUDO	23
3.2.1	População do estudo	23
3.2.2	Crerios de Elegibilidade	24
3.3	INSTRUMENTOS DE COLETA	24
3.3.1	Antropometria	24
3.3.1.1	<i>Massa Corporal</i>	24
3.3.1.1	<i>Estatuta</i>	24
3.3.2	Acelerômetro	24
3.3.3	Plataforma de Força	24
3.4	PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS	25
3.4.1	Antropometria	26
3.4.1.1	<i>Massa Corporal</i>	26
3.4.1.1	<i>Estatuta</i>	26
3.4.2	Teste de Saltos Verticais	26
3.4.1.1	<i>Squat Jump</i>	26
3.4.1.1	<i>Countermovement Jump</i>	27
3.5	ANÁLISE DOS DADOS	28
3.5.1	Acelerômetro	28
3.5.2	Plataforma de Força	28
3.5.3	Análise Estatística	29
3.5.3	Aspectos Éticos	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	31
4.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA	32
4.3	DISCUSSÃO	41
5	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICE A – FICHA COLETA ACELERÔMETROS	50
	APÊNDICE B – TCLE	51

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Diversos esportes tem a potência muscular como componente indispensável para sua realização com alto grau de sucesso, especialmente em esportes que necessitam de velocidade, agilidade e ações explosivas (DOCHETY; ROBINS, 2004). A potência muscular se caracteriza pela capacidade de um músculo produzir força no menor intervalo de tempo (BARROW; MACGEE, 2003; MCGINNIS, 2013). A potência máxima que um atleta pode realizar é influenciada por uma variedade de fatores biológicos como: composição da fibra muscular, área transversal do músculo, comprimento do fascículo muscular, ação dos tendões, recrutamento e ativação de unidades motoras, coordenação intermuscular. Ela também pode ser afetada pela utilização de energia elástica do músculo e interação entre elementos contráteis (estrutura muscular) e não contráteis (tendões, ligamentos, cápsula articular) (CORMIE et al., 2011).

A potência máxima e sua transferência para a performance atlética chama a atenção de pesquisadores e treinadores (DOCHETY; ROBINS, 2004). Sabendo-se que refinar os movimentos, assim como, melhorar as capacidades físicas dos atletas, vem sendo um desafio para treinadores e técnicos em todas as categorias (SILVA et al., 2005), observa-se a necessidade de uma maior quantidade de dados acerca do desempenho, que não sejam somente seus resultados competitivos.

O salto vertical (SV) é um movimento de propulsão dos membros inferiores considerado como fundamental, sendo a avaliação de suas características funcionais importante para sedentários e atletas (BOSCO; KOMI, 1979; MARKOVIC et al., 2004). Este movimento é considerado um dos melhores indicadores de potência muscular de membros inferiores (BOSCO, 2007), possuindo alta relação com o desempenho em esportes que demandam ações explosivas (HAUN, 2015; KRASKA et al., 2009; MARKSTRÖM; OLSSON, 2013). O SV é também utilizado para monitorar a prontidão neuromuscular e instalação de fadiga proveniente do treinamento (WATKINS et al., 2017), possibilitando assim evitar-se complicações, como lesões musculares, originadas do excesso de treino.

Os dois principais tipos de salto são: o *Squat Jump* (SJ) e o *Countermovement Jump* (CMJ), mas na segunda forma de salto, ocorre o aproveitamento da energia elástica acumulada (KOMI; BOSCO, 1978). O aproveitamento da energia elástica acumulada é um parâmetro que avalia a eficiência do ciclo alongamento encurtamento dos músculos recrutados para o movimento (BAKER, 1996), servindo de base para a prescrição do treinamento.

Com o passar do tempo, diversas maneiras foram desenvolvidas para avaliar a potência muscular nas mais diferentes idades, sendo possível a realização de testes laboratoriais e testes de campo (BARROW; MACGEE, 2003). De forma geral, os testes realizados em laboratórios são mais confiáveis, com maior validade, objetividade e reprodutibilidade, devido ao controle do ambiente e das variáveis dos testes (BAUMGARTNER et al., 2006). As plataformas de forças são consideradas o padrão ouro para avaliação dos SV em ambiente laboratorial, mas devido a impossibilidade de seu uso em análises de campo, assim como, seu alto custo para aquisição, torna-se difícil o uso deste equipamento por aqueles que pretendem avaliar a potência muscular de membros inferiores de seus atletas (SAYERS et al., 1999), tendo nos acelerômetros uma possibilidade para avaliação de campo.

Os acelerômetros são equipamentos destinados a medir a aceleração, sendo muito utilizados em diversos setores da indústria, como por exemplo em drones, aviões e celulares. A aceleração consiste nas alterações da velocidade em relação ao tempo (SASAKI et al., 2018). Os sensores de aceleração possuem a capacidade de transformar os sinais mecânicos, causados pela mudança de velocidade, em sinais elétricos, ao medir a deformação em capacitores, convertendo em valores múltiplos da aceleração da gravidade (g) (BASSETT et al., 2012; CHEN et al., 2005). No que diz respeito ao movimento humano, estes equipamentos começaram a ser utilizados para avaliar o nível de atividade física e comportamento sedentário da população. Freedson e colaboradores (1998) realizaram estudo que correlacionou o consumo de oxigênio com diferentes níveis de aceleração em caminhadas e corridas, criando uma equação de regressão para prever o nível da atividade e seu gasto energético, concebendo assim, uma classificação da intensidade das atividades físicas através dos dados obtidos pelos acelerômetros da marca CSA, que posteriormente se tornou a marca Actigraph®. Os acelerômetros vêm sendo utilizados para mensurar a velocidade de movimentos (m/s) (BENDIC et al., 2021), para estimar a altura alcançada (m) (GRUBER et al., 2022), potência muscular (W) e força (N) produzida nos saltos verticais (HOWARD et al., 2014).

Neste contexto, supõem-se encontrar uma relação positiva entre os dois métodos. Esta hipótese é reforçada pelo estudo realizado por Garnacho-Castaño et al. (2021), em que os autores calcularam a aceleração nos saltos verticais com o uso de acelerômetros, e a partir da onda encontrada para esta variável, predisseram a altura realizada na técnica. Cálculo similar foi realizado por Ruben (2010), que correlacionou os valores obtidos por sensores inerciais com os de plataformas de força e encoders lineares. Estes estudos acima citados talvez tornem o uso dos acelerômetros uma forma viável para testes de campo para mensurar a performance nos saltos verticais.

Assim, considerando-se a maior praticidade do uso dos acelerômetros no dia-a-dia de atletas e praticantes de exercícios físicos, propõe-se o seguinte problema de pesquisa: QUAL A CORRELAÇÃO E A CONCORDÂNCIA ENTRE OS RESULTADOS DE POTÊNCIA MUSCULAR DE MEMBROS INFERIORES OBTIDOS ATRAVÉS DA PLATAFORMA DE FORÇA E DE ACELERÔMETRO?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a correlação e a concordância entre os resultados da potência muscular de membros inferiores obtidos através da plataforma de força e de acelerômetro.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os valores de potência muscular de membros inferiores de atletas de diferentes modalidades através da plataforma de força.
- Avaliar os valores de potência muscular de membros inferiores de atletas de diferentes modalidades com o uso do acelerômetro Actigraph® GT3X.
- Verificar a correlação entre os resultados obtidos com plataforma de força e acelerômetro.
- Determinar a concordância entre os resultados obtidos com plataforma de força e acelerômetro.
- Determinar o tamanho de efeito da associação entre as variáveis obtidas pelos instrumentos.

1.3 JUSTIFICATIVA

Ao se observar a literatura acerca do tema, é possível notar-se a importância da avaliação da potência muscular de membros inferiores nos esportes, possibilitando também visualizar-se a restrição de equipamentos com esta finalidade, aumentando a importância de parametrizar novos métodos com menores custos. O acelerômetro da marca Actigraph® está disponível em diversas instituições de ensino superior, existindo a possibilidade de sua utilização, também, para medir a performance nos saltos verticais. Devido às suas dimensões (similar a um relógio de pulso), o transporte e aplicação dos testes propostos são facilitados. Até o momento, não

foram encontradas na literatura publicações científicas que utilizassem este equipamento com esta finalidade, tornando este um estudo inédito.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A potência muscular é um componente fundamental para o desempenho atlético e o treinamento físico eficaz. Diversos estudos têm sido conduzidos para explorar os diferentes aspectos relacionados a essa capacidade física. Nesta revisão de literatura, serão apresentados detalhes abrangentes de vários artigos relevantes que contribuem para a compreensão aprofundada da potência muscular, sua avaliação e sua relação com a performance atlética.

Dochety e Robins (2004) conduziram um estudo intitulado "Complex Training Revisited: A Review of its Current Status as a Viable Training Approach" publicado no *Strength and Conditioning Journal*. Nesse estudo, os autores discutem a importância da potência muscular de membros inferiores e o uso do treinamento como uma abordagem viável para o desenvolvimento da potência muscular. Eles enfatizam a importância de incorporar exercícios que envolvem movimentos explosivos e de alta intensidade para promover adaptações neuromusculares específicas (DOCHETY; ROBINS, 2004).

Barrow e McGee (2003), em seu livro "Medida e Avaliação em Educação Física e Esporte", abordam a potência muscular, destacando sua importância na performance atlética. Eles fornecem uma visão abrangente dos métodos de avaliação da potência muscular, enfatizando a necessidade de medidas precisas e confiáveis para monitorar o progresso do treinamento. Destacando a importância da relação entre força, velocidade e potência muscular para otimizar o desempenho esportivo, McGinnis (2013) contribuiu para a compreensão da potência muscular por meio de sua obra "Biomechanics of sports and exercise". Nesse livro, o autor explora a biomecânica dos esportes e exercícios, enfocando o papel da potência muscular na execução de movimentos eficientes e na prevenção de lesões.

A potência muscular dos membros inferiores é influenciada por uma série de fatores biológicos que contribuem para a produção máxima de força e velocidade. O artigo "Developing maximal neuromuscular power part 1 - Biological Basis of Maximal Power Production" de Cormie, McGuigan e Newton (2011) explora esses fatores em detalhes.

Um dos principais fatores que influenciam a potência muscular dos membros inferiores é a composição de fibras musculares. Existem dois tipos principais de fibras musculares: as fibras de contração lenta (tipo I) e as fibras de contração rápida (tipo II). As fibras tipos II podem ser subdivididos em tipo IIa e tipo IIb, sendo que as fibras tipo IIb são as mais fortes e

rápidas. A proporção relativa desses tipos de fibras musculares nos músculos dos membros inferiores pode influenciar a capacidade de gerar potência. Indivíduos com uma maior proporção de fibras musculares do tipo IIb tendem a ter maior potência muscular em comparação com aqueles com uma maior proporção de fibras tipo I.

Além disso, a capacidade de recrutar e ativar essas fibras musculares também desempenha um papel importante na potência muscular dos membros inferiores. A ativação adequada das unidades motoras, que consistem em um neurônio motor e as fibras musculares por ele inervadas, é essencial para gerar uma contração muscular potente. O recrutamento de unidades motoras de maior tamanho e com maior capacidade de gerar força é necessário para a produção de potência máxima. A coordenação neuromuscular eficiente, que envolve a sincronização precisa da ativação das unidades motoras, também é fundamental para maximizar a potência muscular.

Outro fator essencial é a taxa de desenvolvimento de tensão muscular. A capacidade de desenvolver rapidamente tensão muscular é crucial para gerar potência. A taxa de desenvolvimento de tensão é influenciada pela velocidade de contração muscular, sendo que os músculos dos membros inferiores têm a capacidade de gerar forças consideráveis em curtos períodos de tempo. Aumentar a taxa de desenvolvimento de tensão é um objetivo importante para melhorar a potência muscular.

Além desses fatores biológicos, aspectos externos também influenciam a potência muscular dos membros inferiores. A resistência oferecida pelo ambiente, como a gravidade e a resistência ao movimento, pode afetar a capacidade de produzir potência. O treinamento de resistência, especialmente com exercícios que envolvem movimentos explosivos e de alta velocidade, pode ajudar a melhorar a potência muscular dos membros inferiores.

A potência muscular dos membros inferiores é influenciada por uma combinação de fatores biológicos e externos. A composição de fibras musculares, a capacidade de recrutamento e ativação das unidades motoras, a taxa de desenvolvimento de tensão muscular e a resistência oferecida pelo ambiente são todos determinantes para a produção de potência. Compreender esses fatores e aplicar estratégias de treinamento adequadas pode levar a melhorias significativas na potência muscular dos membros inferiores (CORMIE et al., 2011).

A potência muscular é uma medida importante da capacidade do músculo em gerar força rapidamente. Ela é frequentemente avaliada por meio de testes que medem a força máxima e a velocidade de contração dos músculos. No entanto, apenas a medição da potência muscular não é suficiente para prever o desempenho esportivo.

De acordo com Dochety e Robins (2004), a transferência da potência muscular para a performance esportiva depende de uma série de fatores, como a técnica, a capacidade aeróbica, a força máxima, a flexibilidade, a coordenação e a habilidade esportiva específica. Além disso, o treinamento deve ser específico para a modalidade esportiva, a fim de maximizar a transferência da potência muscular.

O artigo "A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping" de Bosco, Lutanen e Komi, publicado em 1983 no *European Journal of Applied Physiology*, é um marco sobre o assunto, abordando a importância da avaliação de saltos verticais para os esportes. Os autores afirmam que a avaliação da potência mecânica é crucial para compreender o desempenho atlético e identificar áreas de melhoria. Nesse contexto, os saltos verticais são frequentemente utilizados como um meio para medir a potência muscular dos membros inferiores.

O artigo propõe um método simples para medir a potência mecânica em saltos verticais. Os pesquisadores utilizaram uma plataforma de força para registrar a força de reação do solo durante o salto, juntamente com a altura alcançada. A partir dessas medidas, eles calcularam a potência mecânica gerada pelos músculos durante o salto.

Os autores destacam a importância da avaliação da potência mecânica em saltos verticais para os esportes. A potência muscular é um fator determinante no desempenho atlético, especialmente em modalidades que envolvem saltos, como basquete, vôlei e atletismo. A capacidade de produzir uma potência muscular adequada durante um salto é crucial para o sucesso nessas atividades esportivas.

Além disso, a avaliação da potência muscular em saltos verticais pode ser útil para monitorar o progresso do treinamento e identificar deficiências específicas em atletas. Os resultados obtidos por meio desse método podem ser usados para ajustar programas de treinamento, visando melhorar a potência muscular e, conseqüentemente, o desempenho atlético. O método proposto pelos pesquisadores permite medir de forma simples a potência gerada pelos músculos durante o salto, fornecendo informações valiosas para o treinamento e aprimoramento do desempenho atlético (BOSCO, 1983).

Markovic, Dizdar, Jukic e Cardinale (2004) investigaram a confiabilidade e a validade dos testes de agachamento e salto contramovimento em seu estudo "Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests", publicado no *Journal of Strength and Conditioning Research*. Eles examinaram a utilidade desses testes na avaliação da potência muscular e sua relação com o desempenho esportivo. Essas informações são relevantes para a seleção adequada de testes de salto vertical em diferentes contextos.

Komi e Bosco (1978) exploraram os diferentes tipos de saltos verticais e suas características em seu estudo "Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women", publicado na revista *Medicine and Science in Sports*. Eles discutiram como a utilização da energia elástica armazenada nos músculos extensores da perna difere entre homens e mulheres, fornecendo insights sobre a contribuição dos componentes elásticos e contráteis para a potência muscular durante os saltos verticais. Foram avaliados o tempo de contato do pé com o solo, a altura do salto e a força aplicada no solo durante o movimento. Os resultados mostraram que os homens apresentaram maior capacidade de armazenamento e liberação de energia elástica do que as mulheres. Além disso, a força aplicada no solo durante o salto foi correlacionada positivamente com a altura do salto em ambos os sexos.

Também focando no desempenho dos saltos verticais, Baker (1996) revisou a literatura existente sobre o treinamento de força específico para melhorar o desempenho do salto vertical. Ele discutiu a importância do índice elástico como uma medida significativa para prescrever o treinamento físico visando melhorias na potência muscular e no desempenho do salto vertical. Baker discute a importância de uma abordagem multifacetada para o treinamento de força, incluindo o treinamento geral, especial e específico, enfatizando a importância de desenvolver força geral em todo o corpo, antes de se concentrar em áreas específicas que possam melhorar o salto vertical, como os músculos da perna.

O autor também destaca a importância de treinar de forma específica para o salto vertical, incluindo a realização de exercícios pliométricos e a prática de saltos. Ele ressalta que a melhoria no desempenho no salto vertical não é alcançada apenas com o treinamento de força, mas também depende de fatores como flexibilidade, técnica de salto e outros aspectos biomecânicos, oferecendo uma visão geral, concisa e útil, para os treinadores que desejam desenvolver programas de treinamento de força para melhorar o desempenho no salto vertical.

O equipamento considerado mais indicado para avaliação de saltos verticais são as plataformas de força, recebendo a nomenclatura de "padrão ouro", no entanto, uma das principais limitações é o custo associado à aquisição e manutenção. Esses dispositivos podem ser caros e exigir recursos financeiros significativos para instalação e calibração adequadas. Além disso, o uso de plataformas de força requer espaço físico adequado e treinamento especializado para garantir medidas precisas e confiáveis.

Outra limitação é a falta de acessibilidade das plataformas de força em alguns ambientes, como clínicas ou academias de menor porte, onde os recursos financeiros e o espaço podem ser limitados. Isso pode restringir a aplicabilidade das medidas de potência de salto baseadas em plataformas de força em determinados contextos (SAYERS et al., 1999).

Os acelerômetros são dispositivos sensoriais utilizados para medir e registrar a aceleração em diferentes direções e são largamente utilizados no mercado, possuindo aplicação na indústria, estando presentes no dia a dia da população. Eles estão acoplados a monitores de máquinas, com o objetivo de captar vibrações de motores e compressores. Estes sensores também são utilizados em veículos como navios e aeronaves, fornecendo informações de velocidade. A robótica os utiliza, para medir a aceleração e a orientação do robô. Essas informações são usadas para controle de movimento, estabilização e detecção de colisão. Esta tecnologia está inserida em celulares e relógios eletrônicos, fornecendo dados sobre a movimentação dos usuários.

Os sensores inerciais vêm sendo cada vez mais utilizados na educação física, sendo usados para medir a atividade física e fornecer informações sobre o gasto energético. Freedson, Melanson e Sirard (1998) conduziram experimentos com onde compararam as leituras do acelerômetro CSA (atualmente conhecido como Actigraph) com dados coletados por meio de uma câmara metabólica, que é considerada o padrão-ouro para medir o gasto energético. Os participantes foram submetidos a uma série de atividades físicas, incluindo caminhada, corrida e ciclismo, enquanto usavam o acelerômetro.

Após a coleta dos dados, os pesquisadores realizaram análises estatísticas para avaliar a precisão e a validade do acelerômetro CSA. Eles descobriram que o dispositivo era capaz de medir com precisão a intensidade da atividade física em diferentes níveis, desde atividades leves até atividades vigorosas. Além disso, as leituras do acelerômetro foram consistentes com os valores obtidos pela câmara metabólica.

Com base nesses resultados, os pesquisadores concluíram que o acelerômetro da CSA era um instrumento confiável e válido para medir a atividade física e estimar o gasto energético. Eles sugeriram que o dispositivo poderia ser amplamente utilizado em estudos de pesquisa e intervenções relacionadas à atividade física e ao condicionamento físico.

Um dos principais benefícios do uso de acelerômetros é a capacidade de quantificar objetivamente a quantidade de atividade física realizada. Ao contrário dos métodos de autorrelato, nos quais as pessoas relatam suas atividades, os acelerômetros fornecem medidas mais precisas e confiáveis. Eles registram continuamente a aceleração do movimento, permitindo uma avaliação detalhada da intensidade, duração e frequência dos movimentos.

Os acelerômetros são usados para medir diversos aspectos da atividade física, como passos dados, distância percorrida, tempo gasto em diferentes intensidades de atividade e calorias queimadas. Essas informações são valiosas para avaliar os níveis de atividade física e sedentarismo em diferentes populações, como crianças, adolescentes, adultos e idosos.

Na educação física, os acelerômetros desempenham um papel importante na avaliação do nível de atividade física, permitindo a identificação de padrões de comportamento sedentário e a promoção de estilos de vida mais ativos. Eles também são úteis na monitorização do progresso dos alunos ao longo do tempo e no fornecimento de feedback individualizado sobre os níveis de atividade (SASAKI et al., 2018).

Independente de qual o seu uso, os acelerômetros são, em sua concepção, sensores que medem a mudança de velocidade em relação ao tempo, sendo dispositivos capazes de detectar movimentos, vibrações e inclinações em várias direções. Os acelerômetros geralmente são compostos por um ou mais elementos sensíveis à aceleração, como um pequeno chip piezoelétrico ou um sensor de capacitância. Esses elementos são capazes de gerar um sinal elétrico proporcional à aceleração aplicada. Além disso, os acelerômetros podem conter componentes eletrônicos, como amplificadores e conversores analógico-digitais, para processar e transmitir os dados de aceleração.

Os acelerômetros podem ser usados para estimar a velocidade de um objeto, desde que sejam aplicados certos princípios e algoritmos. No artigo de Chen e Bassett (2005), são discutidos diferentes métodos para calcular a velocidade a partir dos dados de aceleração, incluindo o uso de integração numérica para obter a velocidade instantânea.

Além disso, os acelerômetros podem fornecer informações sobre a força aplicada a um objeto. Essa informação é obtida utilizando-se a Segunda Lei de Newton ($F = m * a$), onde "F" é a força, "m" é a massa do objeto e "a" é a aceleração medida pelo acelerômetro. Com base nessa relação, é possível calcular a força em Newtons (N) utilizando os dados de aceleração.

Garnacho-Castaño e colaboradores (2021) exploraram a relação entre a plataforma de força e o relógio Polar V800, que possui um acelerômetro acoplado, fornecendo informações úteis sobre a utilização desses dispositivos na avaliação da potência muscular durante os saltos verticais.

Os resultados do estudo mostram que o Polar V800 apresentou alta confiabilidade e consistência na medição da altura do salto vertical. Além disso, o relógio esportivo mostrou alta validade em comparação com as medições obtidas pela câmera lenta. Os autores concluem que o Polar V800 é uma ferramenta confiável e válida para medir a altura do salto vertical em indivíduos saudáveis e ativos, o que pode ser útil em contextos de treinamento esportivo e avaliação física.

Em outro estudo sobre os acelerômetros, Ruben (2010) conduziu sua pesquisa de mestrado intitulada "Validity and reliability of accelerometers for examining vertical jump performance", orientado por Haff, G.G. na School of Medicine, West Virginia University, que

teve como objetivo avaliar a validade e a confiabilidade de acelerômetros para examinar o desempenho de saltos verticais.

O autor investigou se os acelerômetros poderiam fornecer medidas precisas e confiáveis da altura do salto vertical, afirmando que os acelerômetros são dispositivos eletrônicos que medem a aceleração do movimento e são frequentemente usados em pesquisas e na prática esportiva para quantificar o desempenho físico. Para atingir seu objetivo, o autor realizou uma revisão da literatura existente sobre o assunto e selecionou uma amostra de participantes para realizar testes de saltos verticais. Os participantes foram instruídos a realizar saltos em uma plataforma de força, enquanto os acelerômetros registravam as medidas de aceleração.

Os resultados do estudo indicaram que os acelerômetros eram válidos e confiáveis para medir a altura do salto vertical. Isso significa que os acelerômetros podem ser uma ferramenta eficaz para avaliar o desempenho de saltos verticais, fornecendo medidas precisas e consistentes.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa se classifica como descritiva correlacional, que segundo Thomas, Nelson e Silverman (2015) é a exploração de relações entre variáveis, coletadas nas mesmas pessoas.

3.2 GRUPO DE ESTUDO

3.2.1 População do estudo

No presente estudo participaram 42 atletas de equipes avaliadas pelo Grupo de Laboratórios Associados (GLAss) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) no ano de 2022, com idade média de $22,40 \pm 5,8$ anos, massa corporal média de $82,45 \pm 19,99$ Kgs e estatura média de $1,78 \pm 0,077$ cm, praticantes de 3 modalidades diferentes, atletismo ($n=16$), basquete ($n=12$) e futebol americano ($n=14$). A amostragem se deu por conveniência. Os dados demográficos de cada modalidade se encontra na Tabela 1.

Tabela 1- Dados demográfico dos sujeitos.

	IDADE	MASSA	ESTATURA
Modalidade			
Atletismo	21,66±2,28	70,46±14,14	1,72±0,78
Basquete	16,91±0,99	76,39±7,51	1,82±0,40
Futebol Americano	27,53±6,17	99,29±20,89	1,81±0,05
Todos	22,40±5,80	82,45±19,99	1,78±0,77

Idade em anos, massa em quilogramas e estatura em centímetros.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

3.2.2 Critérios de elegibilidade

Foram considerados os seguintes critérios de inclusão no estudo: não ter sofrido lesão osteomioarticular nos últimos seis meses, estar praticando a modalidade específica por pelo menos seis meses, não apresentar qualquer tipo de distúrbio vestibular, por se tratar de um salto e existir risco de quedas.

3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

3.3.1 Antropometria

3.3.1.1 Massa Corporal.

Foi utilizada balança digital da marca Marte, com resolução de 0,1kg e capacidade de 180kg.

3.3.1.3 Estatura

Para mesurar a estatura foi utilizado um estadiômetro fixo da marca Cardiomed, com resolução de 0,1cm e alcança máximo de 220cm.

3.3.2 Acelerômetro

Foi usado um acelerômetro da marca Actigraph[®], modelo GT3X, fabricado na cidade de Pensacola, Estados Unidos e que realiza suas coletas a uma frequência programável de 30 a 100 Hertz. Neste estudo foi utilizada a maior frequência possível, 100 Hertz.

3.3.3 Plataforma de força.

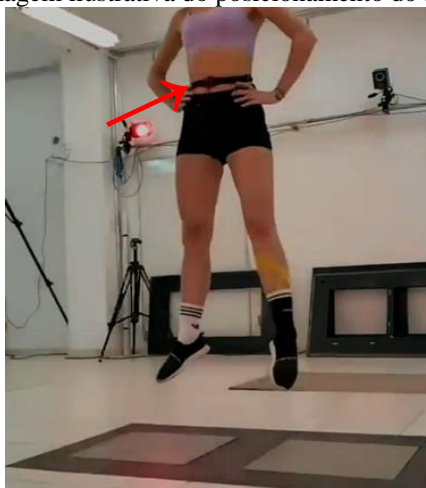
Para aquisição dos saltos verticais foi utilizada uma plataforma de força da marca *Advanced Mechanical Technology, Inc.* (AMTI) modelo OR6-6-2000, fabricado em Watertown, Massachusetts, Estados Unidos.

3.4 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS

Após observação de publicações sobre o tema, e buscando testes com confiabilidade e reprodutibilidade para mensuração da potência de membros inferiores, foram escolhidos os testes: *Squat Jump* (SJ) e o *Countermovement Jump* (CMJ) para o desenvolvimento do presente estudo. O SJ (salto agachado) baseia-se em realizar um salto, a partir de posição estática e agachada, com uma flexão dos joelhos em um ângulo de 90°, e sem o uso de deslocamento nem balanceio dos braços (mantendo mãos na cintura). O CMJ compõe-se de um salto, partindo de uma posição em pé, realiza-se um agachamento (joelho com ângulo de 90°), e rapidamente se realiza o salto, mantendo também, as mãos junto a cintura. Os testes de saltos verticais foram baseados no protocolo de Bosco, também conhecido como Bosco Test (BOSCO, 1983), e detalhes dos protocolos serão melhor expostos na parte referente a cada tipo de salto.

Os testes descritos foram realizados na Plataforma de força AMTI e simultaneamente com o uso do acelerômetro Actigraph GT3X, fixado na cintura do avaliado (próximo à cicatriz umbilical), com o uso de cinta elástica fornecida pelo fabricante, como pode ser visualizado na figura 1. Vale ressaltar, que para acessar os dados do acelerômetro é necessário anotar data e hora dos saltos, de acordo com a ficha de coleta (apêndice A), e se foi validado, para que posteriormente seja possível acessar os dados na planilha exportada. As avaliações se deram em conjunto com o GLAss, nas instalações do Laboratório de Biomecânica (LABIOMECA) da UFSM, no período de junho a novembro de 2022.

Figura 1- Imagem ilustrativa do posicionamento do acelerômetro.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

3.4.1 Antropometria

3.4.1.1 Massa Corporal.

Para mensuração da massa corporal o sujeito se colocou com a menor quantidade de roupa possível, se posicionando no centro da balança com os pés unidos e de forma estática (RATAMES, 2015).

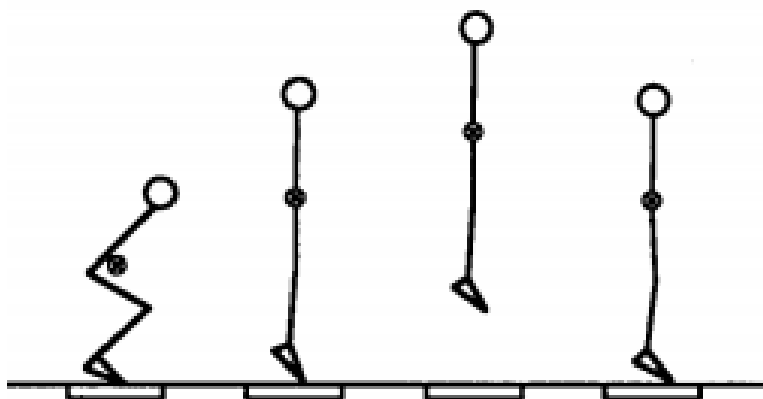
3.4.1.2 Estatura

Primeiramente realizou-se a retirada dos calçados, e o avaliado ficou em pé na posição mais reta possível, e calcanhares unidos e rente ao estadiômetro. Realizava uma respiração profunda, segurava a respiração e permanecia parado com a cabeça alinhada olhando para frente, onde a estatura é compreendida pela distância entre a planta dos pés e o vertex da cabeça (ponto mais alto) (RATAMES, 2015).

3.4.2 Testes de Saltos Verticais.

3.4.2.1 Squat Jump

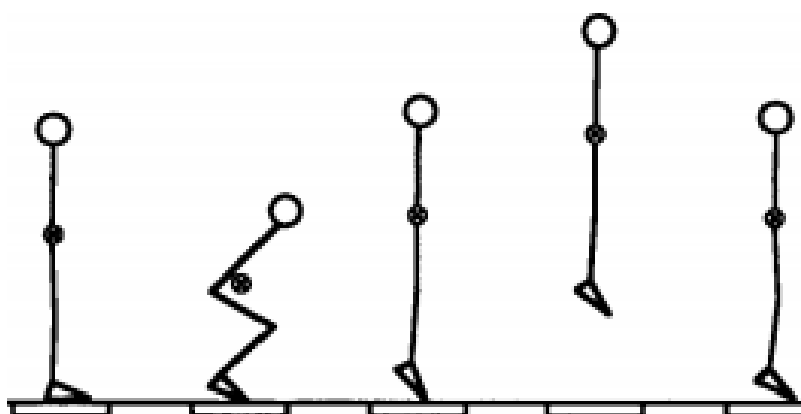
O SJ foi realizado com o indivíduo iniciando sua execução a partir de uma posição estática, agachada, com os joelhos flexionados a 90^0 , apoio bi podal e peso distribuído nos dois pés, descalços ou com meias. Deveria permanecer nesta posição por 2 segundos e realizar salto, o mais alto possível, mantendo os braços na cintura todo o tempo (CHENG, 2008). Cada sujeito realizou três tentativas submáxima, recebendo instrução prévia do avaliador, para se adaptar ao movimento, e subsequentemente mais três tentativas com intensidade máxima, mantendo intervalos de 1 minuto de descanso. O salto foi invalidado e repetido quando o avaliado retirou a mão da cintura, flexionou os joelhos durante o voo, apoiou no momento do pouso somente retro ou ante pés, ou não realizou o contato simultâneo dos pés (BOSCO, 1983) sendo ilustrado na Figura 2.

Figura 2. Imagem Ilustrativa do *Squat Jump*

Fonte: (LINTHORNE, 2001)

3.4.2.2 *Countermovement Jump*

O sujeito se colocou de pé, com apoio bi podal, e peso distribuído nos dois membros inferiores. Realizou um rápido agachamento, com flexão dos joelhos indo a 90° , logo antes de saltar verticalmente o mais alto possível. Foram realizados três saltos de familiarização, instruído pelo avaliador responsável, com intensidade submáxima e, logo na sequência, mais três com máxima potência, mantendo intervalos de 1 minuto entre as tentativas. O salto foi invalidado e repetido quando o sujeito retirou a mão da cintura, flexionou joelhos durante o voo, apoiou com somente retro ou ante pés no momento do pouso, ou não realizou o contato simultâneo dos pés (BOSCO et al., 1983), sendo ilustrada na Figura 3.

Figura 3. Imagem Ilustrativa do *Countermovement Jump*

Fonte: (LINTHORNE, 2001)

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

3.5.1 Acelerômetro

O equipamento possui a capacidade de medir a aceleração nos três eixos, x, y, e z, sendo então triaxial. O software do aparelho permite a emissão de diversos relatórios, podendo ser selecionado diretamente os dados brutos (RAW), no formato de valores separados por vírgula (CSV), que descreve a aceleração nos 3 eixos componentes, X, Y, e Z. Para realizar o processamento dos dados se fez necessária a soma dos vetores utilizando a fórmula: $a_f = (\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} - g) * 9,81$ onde a_f = aceleração final, x, y, e z = valores dos vetores de aceleração em gravidades (g), g = aceleração da gravidade (o acelerômetro está sempre medindo a aceleração da gravidade), encontrando assim a aceleração final, expressa em metros por segundo ao quadrado (m/s^2). A partir desta aceleração final foi possível calcular a força (N), velocidade (m/s) e potência (W) realizados em cada salto (HOWARD et al., 2014)

Foram utilizadas fórmulas básicas da dinâmica. Para a força foi utilizada a fórmula: $F = m * a_f$, onde F = força (N), m = massa corporal (Kg) e a_f = aceleração final (m/s^2). A velocidade foi calculada pela fórmula $V_f = V_i + a_f * t$, onde V_f = velocidade final (m/s), V_i = velocidade inicial (m/s), a_f = aceleração final (m/s), t = tempo (s) entre as mensurações. A potência máxima foi calculada pela fórmula $P = F * V$, onde P = potência (W), F = força (N) e V = velocidade (m/s). Vale ressaltar que todos os valores devem ser calculados para cada Hertz, ou seja, o acelerômetro utilizado foi programado para realizar a captura dos dados a uma frequência de 100 Hertz, ou seja, 100 vetores de aceleração em 1 segundo e selecionado o maior valor obtido. Ao final, calculou-se a potência relativa (W/kg), que é a divisão da potência máxima (potência pico) obtida pela massa corporal do avaliado (kg). Todos os cálculos foram realizados no software Microsoft Excel versão 2016.

3.5.2 Plataforma de força

Os dados obtidos pela plataforma de força foram capturados a uma frequência de 1000 hertz e exportados em formato de texto (txt). A plataforma mensura os dados de força em três eixos, x, y, e z, sendo necessária soma dos vetores de força para chegar à força final. A partir da força produzida no solo, foi possível calcular a potência máxima alcançada na fase concêntrica do salto vertical.

Para o cálculo da potência pico foi utilizada a fórmula de Harman et. al. (1991), potência pico = $61,9 * h_{\text{salto}} + 36 * \text{massa} + 1822$, onde, h_{salto} = altura alcançada no salto em centímetros, e massa = massa corporal mensurada na balança antropométrica. Os resultados foram processados com o software Matlab, versão R2015a, e exportados e tabulados no software Microsoft Excel versão 2016.

3.5.3 Análise estatística.

Os dados obtidos nos dois tipos de saltos verticais (SJ e CMJ) foram analisados de duas maneiras, agrupados de acordo com a modalidade praticada e todos em um único grupo, passando inicialmente, por uma análise de estatística descritiva, sendo expresso a média e desvio padrão das variáveis. Na sequência foi determinada a normalidade utilizando o teste de Shapiro-wilk (SHAPIRO; WILK, 1965). Foi realizada também uma análise estatística inferência, de acordo com o perfil de normalidade encontrado em cada grupo, aplicando o teste de correlação específico, utilizando o teste de Pearson para as amostras consideradas normais, e o teste de Spearman para amostras consideradas não normais (MOIT, 2018).

A correlação de Pearson, também conhecida como coeficiente de correlação linear de Pearson, é uma medida estatística que avalia a relação linear entre duas variáveis quantitativas contínuas. Ela mede a força e a direção dessa relação, variando entre -1 e 1.

O coeficiente de correlação de Pearson é calculado a partir da covariância entre as duas variáveis dividida pelo produto dos desvios padrão de cada variável. O resultado é um valor numérico que indica o grau de associação linear entre as variáveis.

Quando o coeficiente de correlação de Pearson é próximo de 1, indica uma correlação positiva forte, o que significa que à medida que uma variável aumenta, a outra também aumenta de forma consistente. Por outro lado, um coeficiente próximo de -1 indica uma correlação negativa forte, indicando que quando uma variável aumenta, a outra diminui de forma consistente.

Um coeficiente de correlação próximo de 0 indica uma correlação fraca ou inexistente entre as variáveis, o que significa que as duas variáveis não apresentam uma relação linear clara entre si.

No gráfico de dispersão, o eixo x representa os valores de uma variável e o eixo y representa os valores da outra variável. Cada ponto no gráfico representa uma combinação de valores das duas variáveis para cada observação.

Quando há uma correlação positiva forte entre as variáveis, os pontos no gráfico de dispersão tendem a seguir uma tendência ascendente. Isso significa que, à medida que os valores de uma variável aumentam, os valores da outra variável também aumentam. Os pontos se agrupam em torno de uma linha diagonal ascendente.

Por outro lado, quando há uma correlação negativa forte, os pontos no gráfico de dispersão tendem a seguir uma tendência descendente. Isso indica que, à medida que os valores de uma variável aumentam, os valores da outra variável diminuem. Os pontos se agrupam em torno de uma linha diagonal descendente.

No caso de uma correlação fraca ou inexistente, os pontos no gráfico de dispersão estão mais dispersos e não apresentam uma tendência clara. Eles podem estar distribuídos aleatoriamente no espaço, sem uma relação linear aparente.

A concordância entre os métodos é avaliada realizando o teste de Bland-Altman, o qual deve se calcular o Teste T das diferenças, ou seja, subtraindo os dados de um equipamento pelo outro e calculando o “*p value*” destes valores. O resultado das diferenças é plotado em um gráfico de dispersão, em que o eixo x representa a média das medidas obtidas pelos dois métodos e o eixo y representa a diferença entre essas medidas (BLAND; ALTMAN, 1999).

O gráfico de dispersão gerado pelo método de Bland-Altman permite avaliar a presença de possíveis vieses sistemáticos ou identificando se a diferença entre as medidas varia conforme a magnitude das medidas ou se há um padrão constante de desvio. A interpretação do gráfico de Bland-Altman envolve a avaliação de três parâmetros principais: a média da diferença entre as medidas obtidas pelos dois métodos, a variação da diferença e os limites de concordância.

Devem ser analisadas também os intervalos de confiança, que indicam uma faixa de valores em que 95% das diferenças entre os métodos se encontram. Se a diferença entre as medidas estiver dentro dos limites de concordância, isso sugere uma concordância aceitável entre os métodos

Ao final foi calculado o tamanho de efeito da amostra, determinando o D de Cohen (COHEN, 1988), o Δ de Glass (GLASS et al., 1972) e o G de Hedges (HEDGES, 1982). O tamanho do efeito estatístico refere-se à magnitude da diferença ou associação entre duas variáveis ou grupos. É usado para indicar a significância prática de um resultado estatístico, pois fornece uma estimativa da magnitude do efeito em termos do mundo real. O *d* de Cohen é uma medida usada para comparar as médias de dois grupos, e é comumente empregado como uma classificação associada aos valores obtidos. Valores abaixo de 0,2 é classificado como pequeno, entre 0,2 e 0,5 como médio, entre 0,5 e 0,8 como grande e acima de 0,8 muito grande (COHEN, 1988).

Os valores de Δ de Glass e g de Hedges são alternativas ao d de Cohen, mas que possuem o mesmo tipo de classificação (GLASS et al., 1972; HEDGES, 1982). Utilizou-se o software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 22.0 para toda a análise estatística, adotando-se um nível de significância de 5%.

3.5.4. Aspectos Éticos

A pesquisa foi conduzida de acordo com os princípios da Declaração de Helsinki e da Resolução 466/12 do Ministério da Saúde que regulamenta as pesquisas com seres humanos no Brasil. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Maria (parecer número: 5.698.140)

Só participaram do estudo os sujeitos que concordaram em fazê-lo, através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (Apêndice B), elaborado para todas as coletas realizadas pelo GLASS da Universidade Federal de Santa Maria. Os benefícios da participação foram indiretos, através do estabelecimento de uma metodologia mais prática e acessível para avaliação física de atletas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os dados obtidos nas avaliações foram agrupados por modalidade, e também ao final todos juntos, organizados em tabelas e descrito em gráficos do tipo box plot.

Tabela 2 – Resultados de potência relativa do *Squat Jump*.

	Plataforma de Força		Acelerômetro	
	Média (W/kg)	Desvio Padrão	Média (W/kg)	Desvio Padrão
Modalidade				
Atletismo	93,86	±14,32	94,16	±14,14
Basquete	87,79	±6,94	88,06	±6,54
Futebol Americano	76,68	±14,94	75,71	±15,20
Todos	86,4	±14,60	86,16	±14,84

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Tabela 3 – Resultados de potência relativa do *Countermovement Jump*.

	Plataforma de Força		Acelerômetro	
	Média (W/kg)	Desvio Padrão	Média (W/kg)	Desvio Padrão
Modalidade				
Atletismo	96,19	±14,51	96,46	±14,52
Basquete	88,86	±6,63	89,69	±6,65
Futebol Americano	77,69	±14,35	78,06	±14,68
Todos	87,93	±14,72	88,46	±14,81

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

4.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

4.2.1. Teste de normalidade

Todos os grupos de variáveis foram classificados com uma distribuição normal, como fica demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4- Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk.

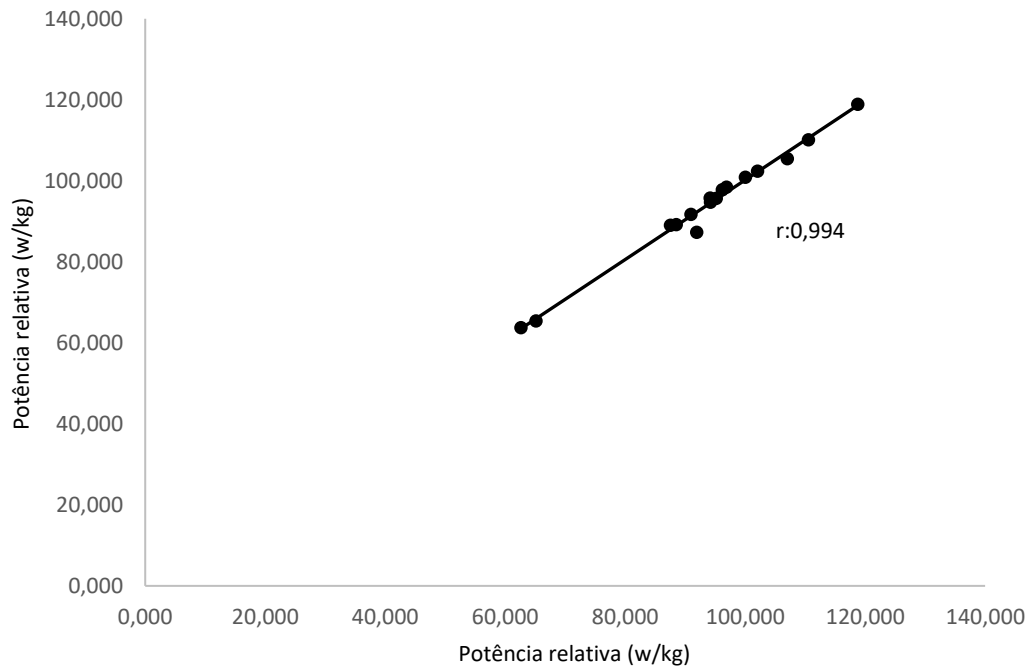
	Plataforma de Força		Acelerômetro	
	SJ	CMJ	SJ	CMJ
Modalidade				
Atletismo	0,105	0,081	0,127	0,222
Basquete	0,221	0,358	0,813	0,720
Futebol Americano	0,610	0,164	0,185	0,235
Todos	0,283	0,256	0,470	0,367

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

4.2.2. Correlação

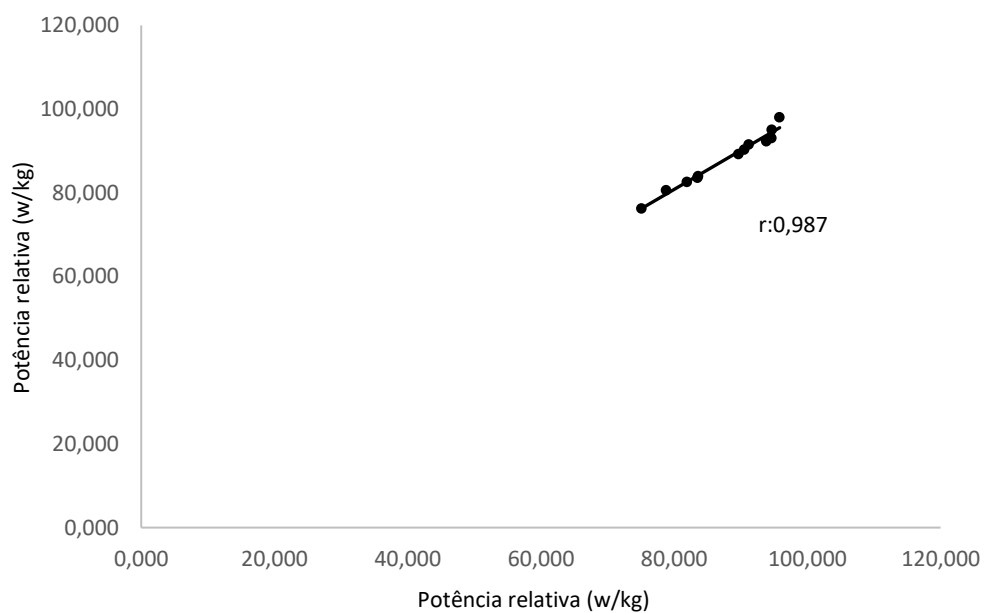
Abaixo são apresentados os gráficos de dispersão com seu devido coeficiente de correlação para cada grupo.

Gráfico 1- Gráfico de dispersão representando a correlação do *Squat Jump*, da modalidade atletismo.



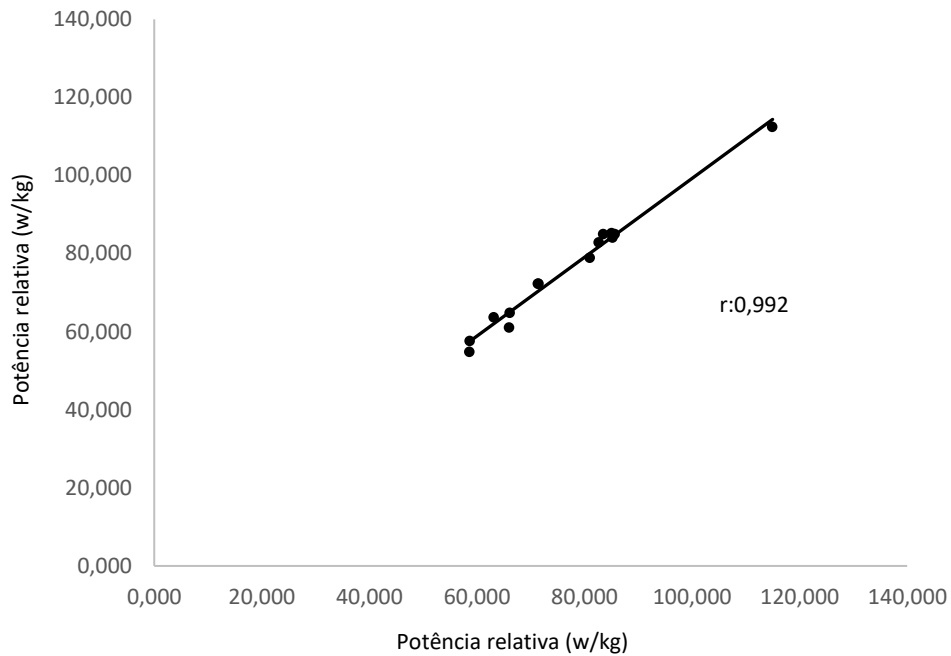
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 2 - Gráfico de dispersão representando a correlação do *Squat Jump*, da modalidade basquete.



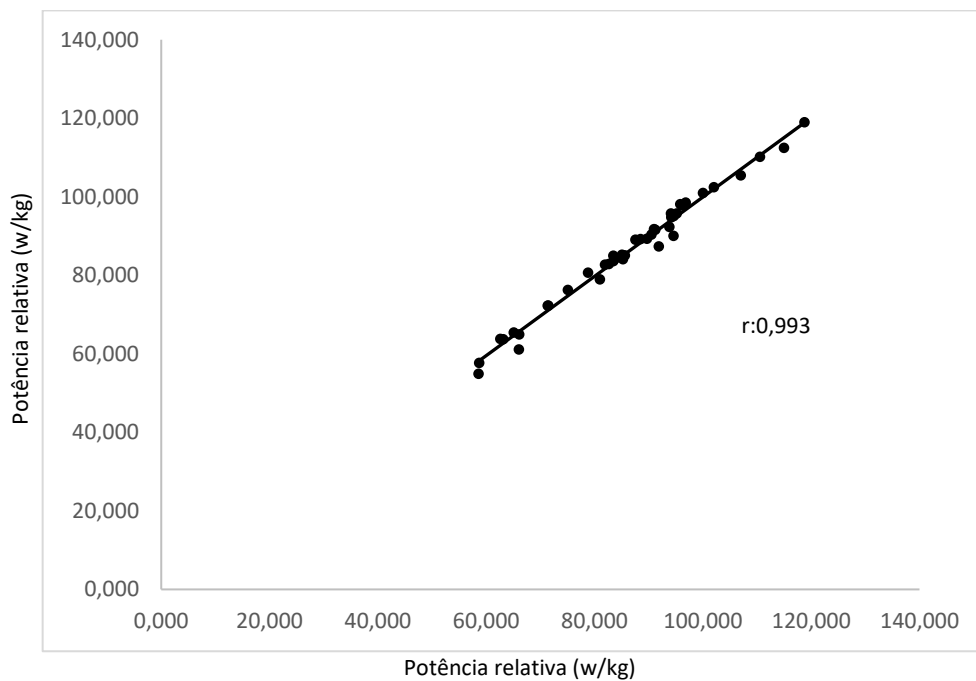
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 3 - Gráfico de dispersão representando a correlação do *Squat Jump*, da modalidade futebol americano.



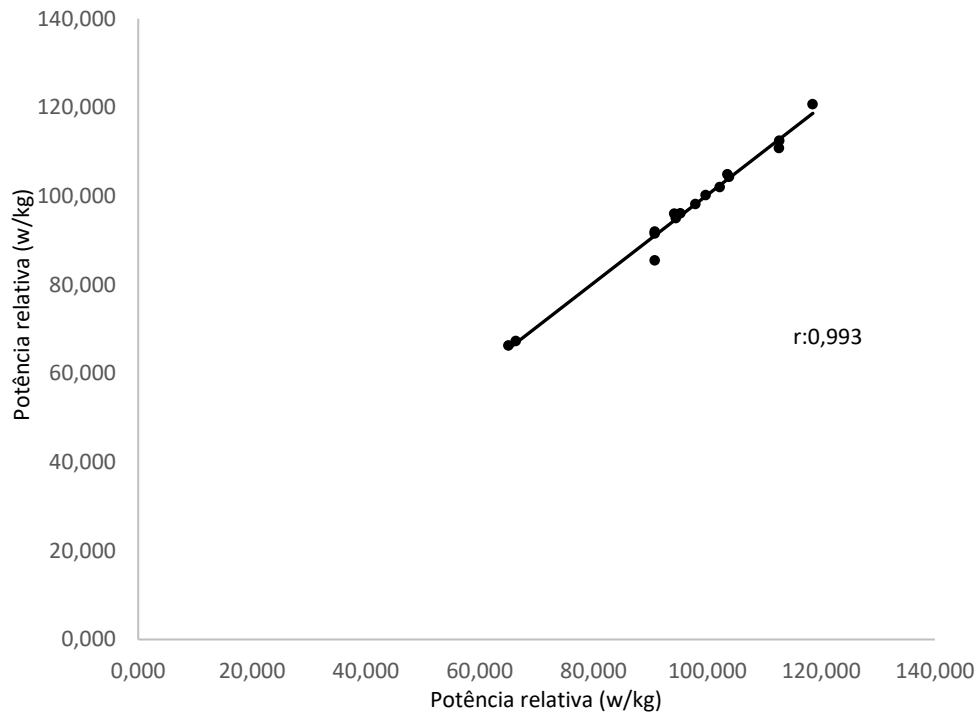
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 4 - Gráfico de dispersão representando a correlação do *Squat Jump*, de todas as modalidades juntas.



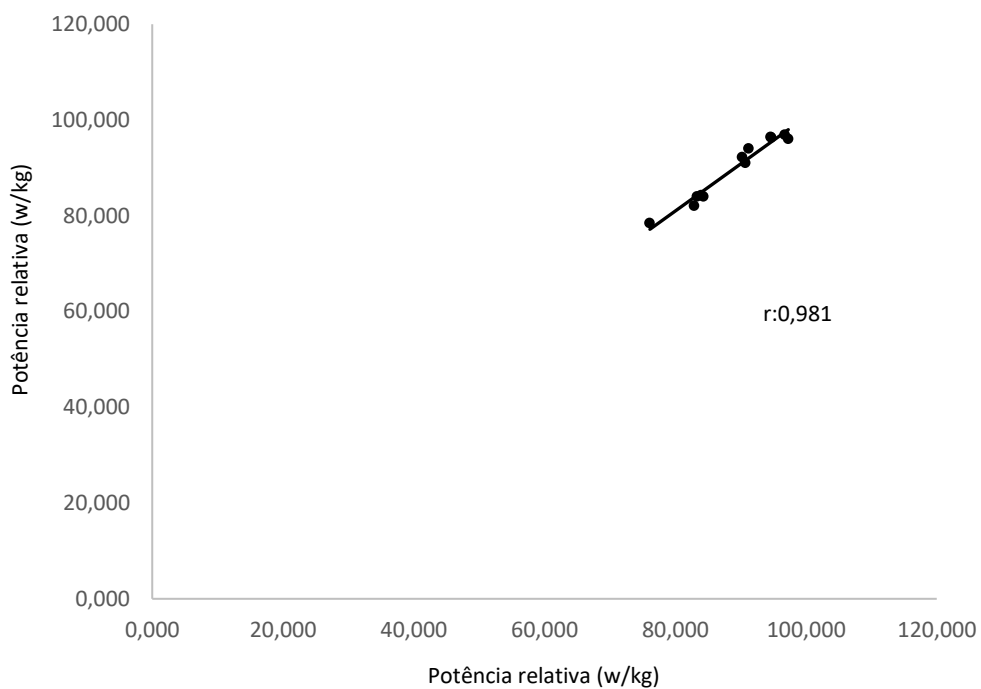
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 5 - Gráfico de dispersão representando a correlação do *Countermovement Jump*, da modalidade atletismo.



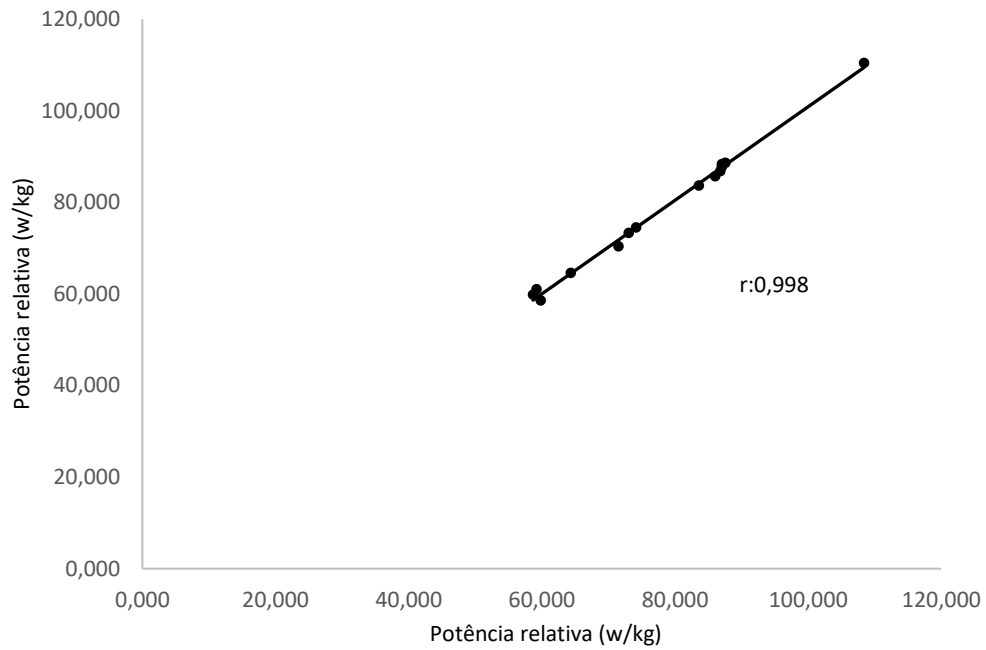
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 6 - Gráfico de dispersão representando a correlação do *Countermovement Jump*, da modalidade basquete.



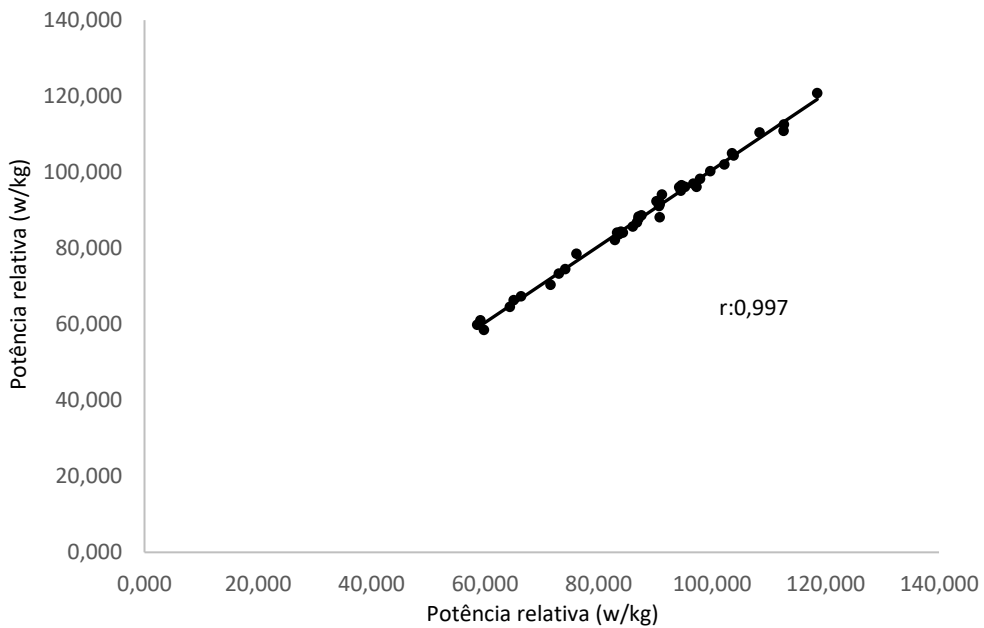
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 7 - Gráfico de dispersão representando a correlação do *Countermovement Jump*, da modalidade futebol americano.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 8 - Gráfico de dispersão representando a correlação do *Countermovement Jump*, de todas as modalidades juntas.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

4.2.3. Concordância

Os valores de “*p value*” do teste de Bland Altman são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5- Resultados de *p* do Teste T das diferenças entre os instrumentos.

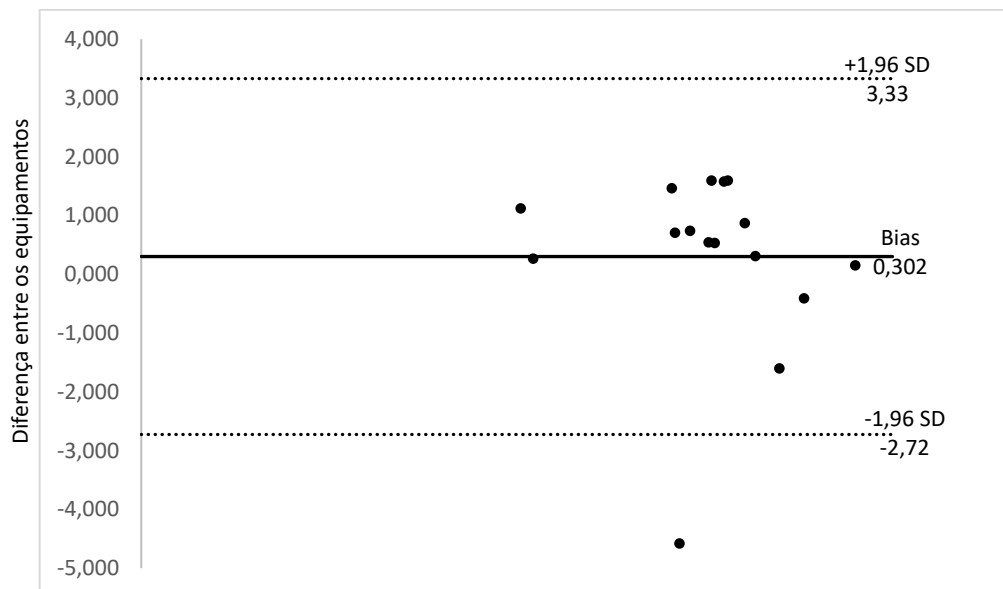
	SJ	CMJ
Modalidade		
Atletismo	0,447	0,540
Basquete	0,438	0,049*
Futebol Americano	0,073	0,179
Juntos	0,454	0,005*

*valores representando discordância entre os instrumentos (para um $p < 0,05$).

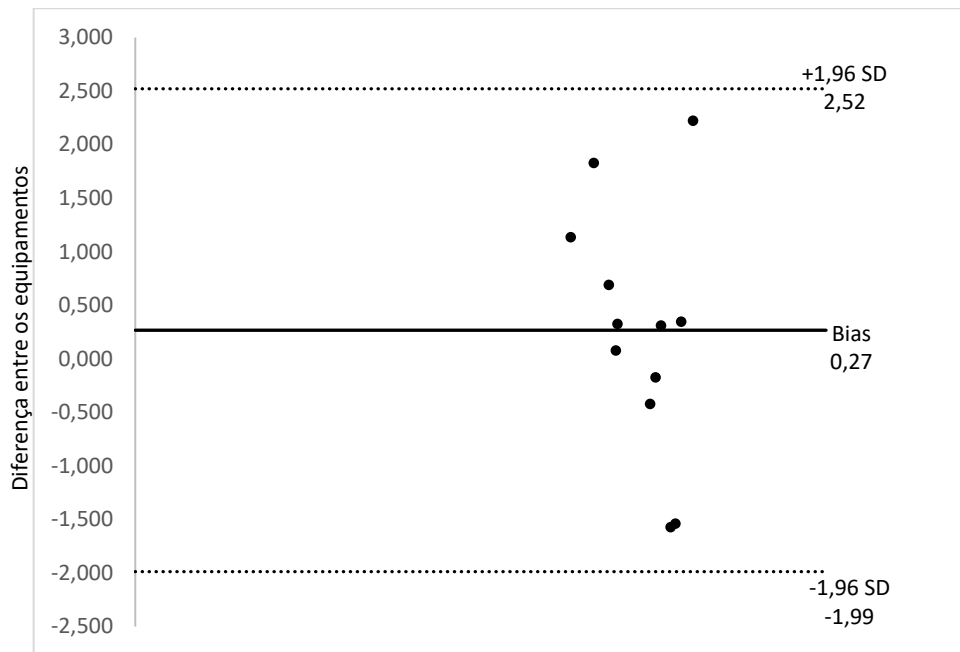
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Abaixo, seguem os gráficos que representam as concordâncias para cada um dos grupos analisados.

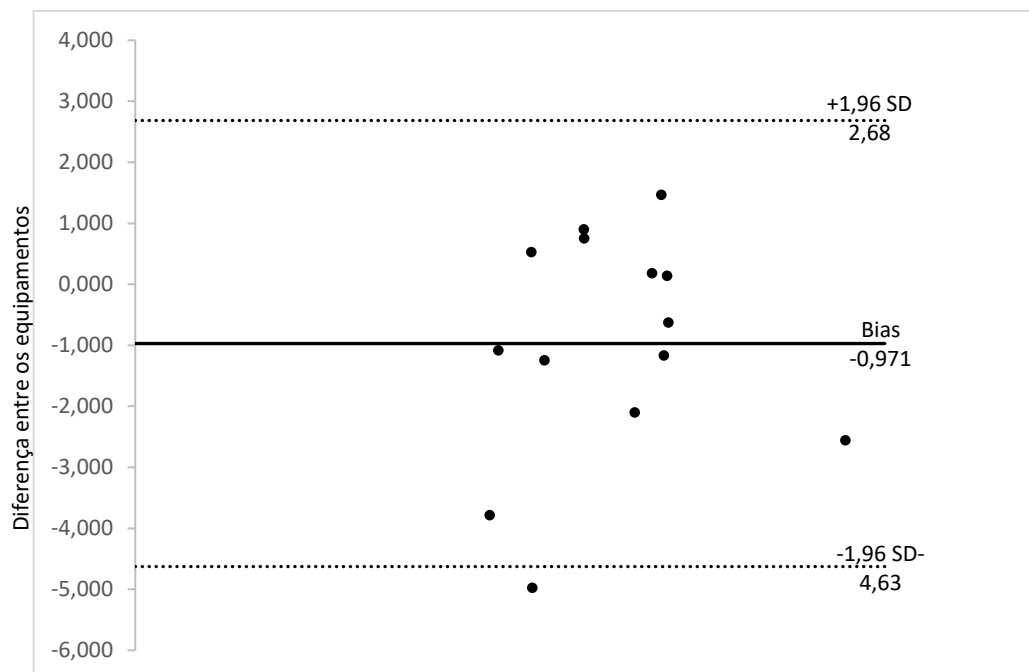
Gráfico 9 - Gráfico de Bland-Altman, representando o *Squat Jump*, da modalidade atletismo.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

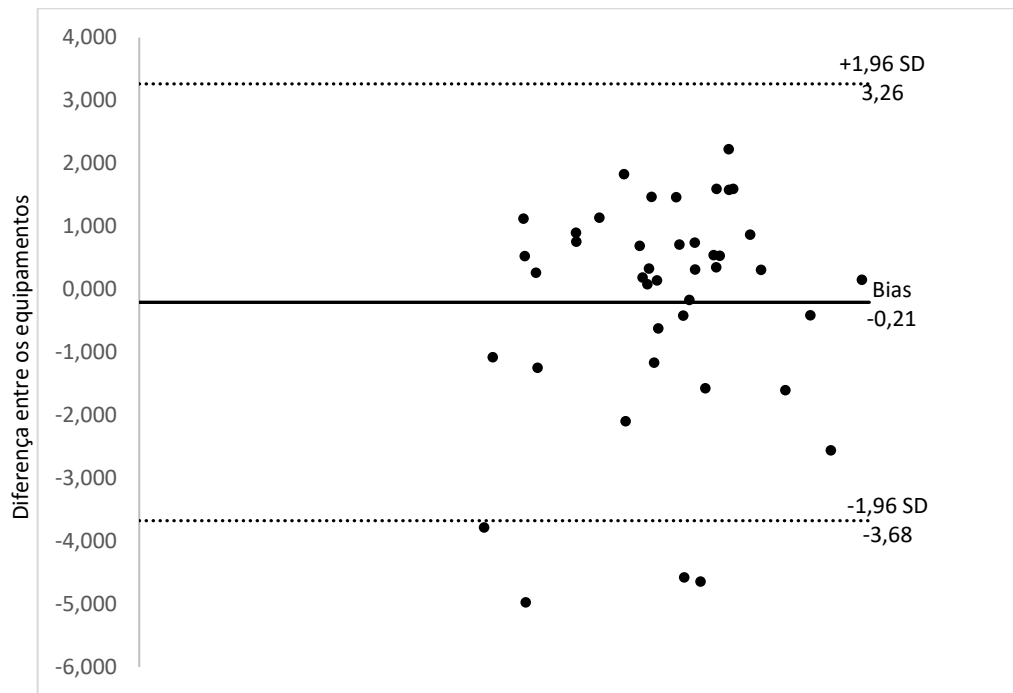
Gráfico 10 - Gráfico de Bland-Altman, representando o *Squat Jump*, da modalidade basquete.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 11 - Gráfico de Bland-Altman, representando o *Squat Jump*, da modalidade futebol americano.

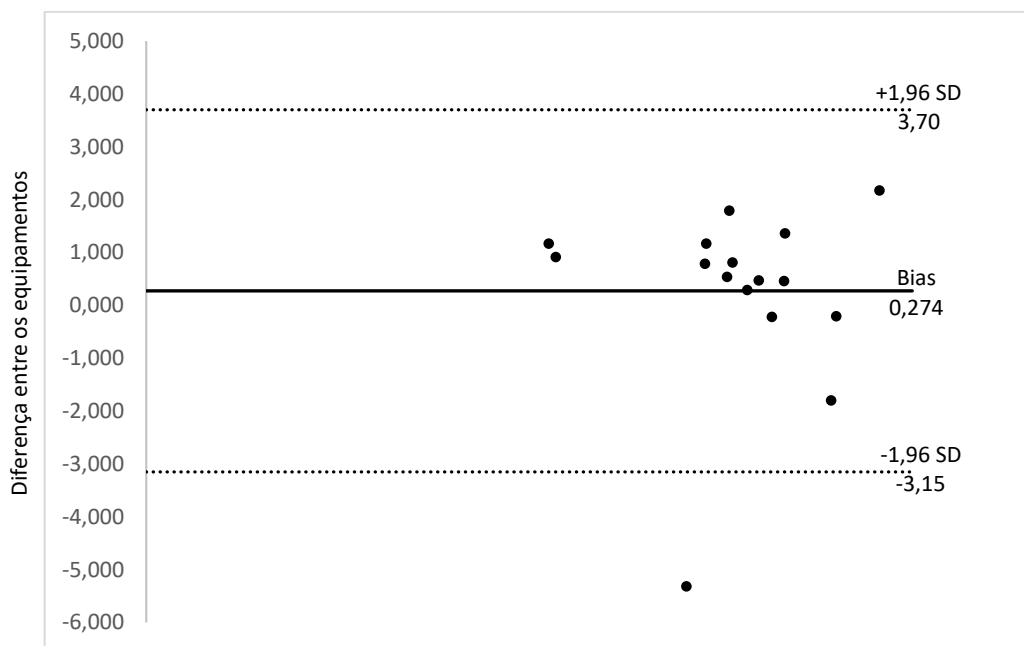
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 12 - Gráfico de Bland-Altman, representando o *Squat Jump*, de todas as modalidades juntas.



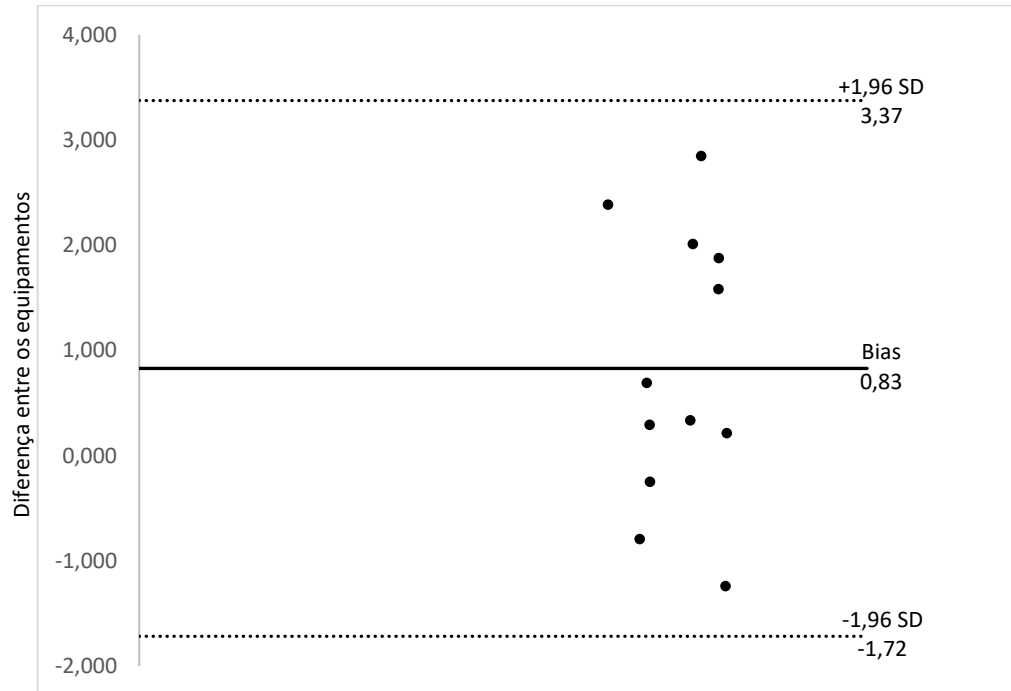
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 13 - Gráfico de Bland-Altman, representando o *Countermovement Jump*, da modalidade atletismo.



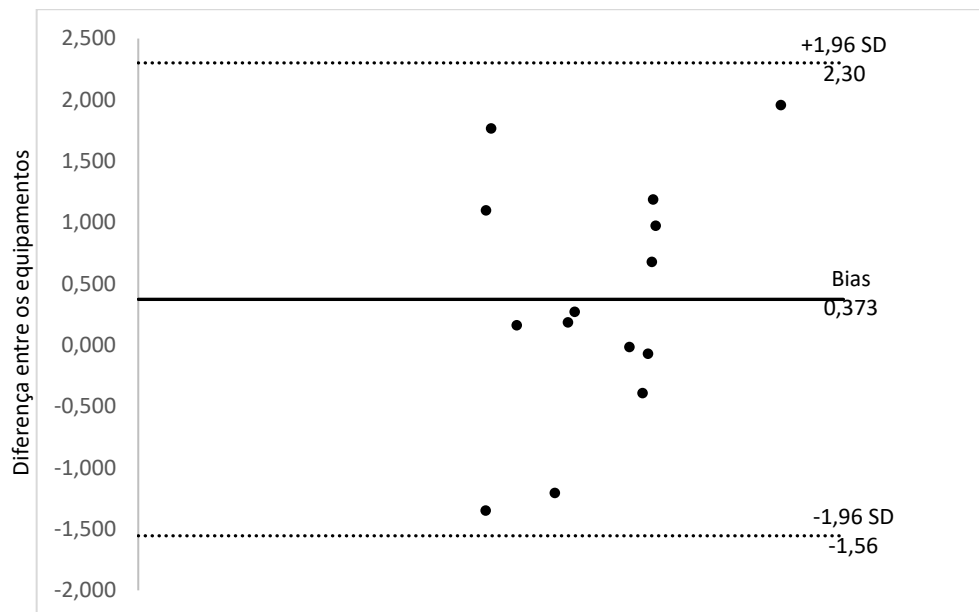
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 14 - Gráfico de Bland-Altman, representando o *Countermovement Jump*, da modalidade basquete.



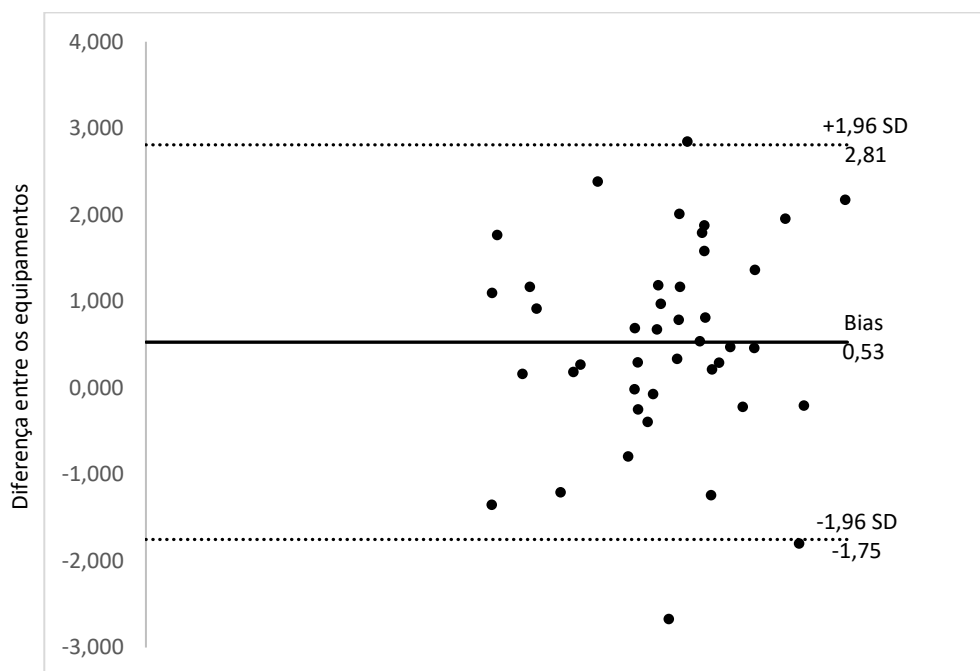
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 15 - Gráfico de Bland-Altman, representando o *Countermovement Jump*, da modalidade futebol americano.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 16 - Gráfico de Bland-Altman, representando o *Countermovement Jump*, de todas as modalidades juntas.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

4.1.4. Tamanho de efeito.

Em todos os valores de tamanho de efeito foram achados valores classificados como muito pequeno, ou seja, as médias dos valores de potência relativa possuem uma diferença muito pequena, representados na Tabela 6.

Tabela 6- Valores referentes ao Tamanho de efeito.

	SJ	CMJ
D de Cohen	0,0142	0,0368
G de Hedges	0,0142	0,0368
Δ de Glass	0,0143	0,0369

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

4.2 DISCUSSÃO

Alguns estudos utilizaram os acelerômetros para avaliar os saltos verticais. Choukou, Laffaye e Taiar (2014) compararam os acelerômetros com a plataformas de força, encontrando validade nas medidas de força (N), altura (cm), *stiffnes* e índice de força reativa, mas não encontrando validade para medidas de potência pico e velocidade. Os autores justificam a não

validade para estas variáveis devido ao viés causado pela sensibilidade do equipamento (CHOUKOU et al., 2014). Howard e colaboradores (2014) pesquisaram a estimativa da força produzida nos saltos verticais, também comparando os acelerômetros com plataformas de força, encontrando moderada a baixa concordância entre os métodos. Mais uma pesquisa utilizou este tipo de sensor, onde Camuncoli e colaboradores (2022) avaliaram a altura dos saltos, encontrando boa correlação entre os equipamentos, mas com uma pequena superestimação dos valores encontrados pelo sensor inercial. Os estudos acima apresentados possuem em comum o fato de utilizarem como posição de fixação dos acelerômetros a cintura dos avaliados.

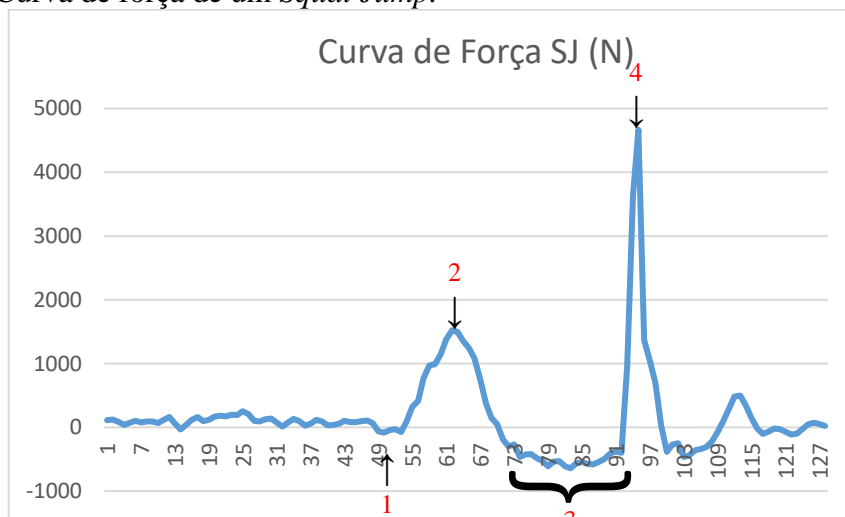
Outras pesquisas utilizaram os acelerômetros para avaliação dos saltos verticais, no entanto, fixando o aparelho em outra posição corporal, utilizando pulso, coxa ou pé como ponto anatômico de referência, ou até mesmo em uma barra. Ruben (2010) estudou em sua dissertação de mestrado a validação de um acelerômetro com esta finalidade, encontrando confiabilidade para força de pico, potência de pico, pico de velocidade, tanto em frequência mais baixas de aquisição (50Hz) quanto em frequências mais altas (250Hz). Em sua pesquisa o sensor foi afixado em um cano de PVC, e o sujeito realizou o salto como em agachamento com barra nas costas. O relógio da marca Polar®, modelo Vantage V2, possui um acelerômetro integrado e Gruber et. al. (2022) realizaram sua validação para avaliar a altura do salto vertical, encontrando validade e concordância quando comparado com a plataforma de força. Brughelli e Cronin (2013), também testaram a validade de sensores inerciais para avaliar a potência de membros inferiores, fixando o equipamento na coxa, obtendo alta correlação entre os métodos ($r=0,97$) e um baixo coeficiente de variação ($CV=3,1\%$). O grupo de Garnacho-Castaño (2021) validou o uso do relógio Polar®, modelo V800 Sports, que possui um sensor inercial que se conecta (*bluetooth*) com o relógio. Este sensor fica posicionado no cadarço do calçado, medindo as mudanças de aceleração, calculando assim a altura do salto. O estudo de Garnacho-Castaño et. al. (2021) demonstrou a validação deste dispositivo para avaliação dos saltos verticais.

A presente pesquisa encontrou valores correlatos e concordantes para o SJ, mas este fato não aconteceu da mesma maneira no CMJ. Tal fato pode ser explicado pela trepidação causada na transição excêntrica/concêntrica do CMJ. O gráfico 17 representa uma curva de força (N) de um SJ, o gráfico 18 ilustra um CMJ, e o gráfico 19 um CMJ onde os valores ficaram comprometidos. Levando em consideração a fórmula de potência (W), a produção de força (N) é parte do cálculo da potência, motivando a ser necessária a observação destes dados.

Nos gráficos abaixo foram destacados quatro momentos importantes do salto vertical, o número 1 marca a fase excêntrica, o 2 a fase concêntrica, o 3 o voo e o 4 a retomada do contato com o solo (aterrissagem). Comparando os gráficos 34 e 35, fica fácil observar suas diferenças,

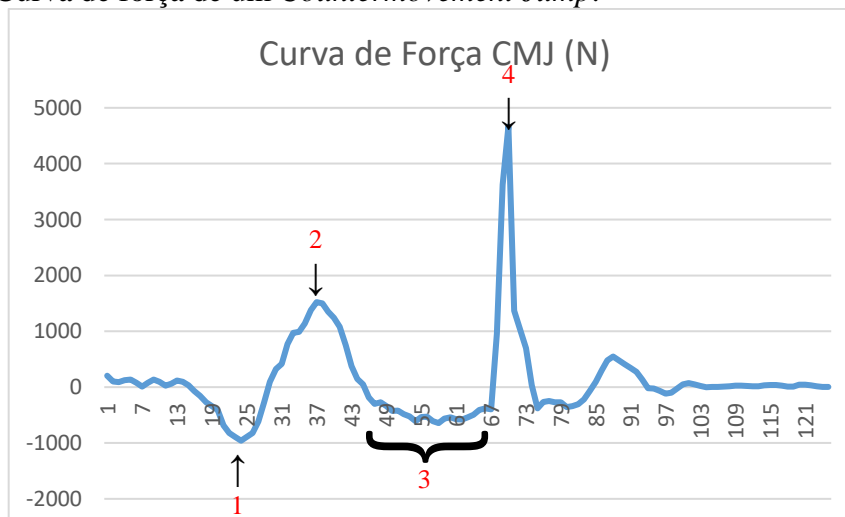
mas vale ressaltar alguns detalhes do gráfico 35, como a quase ausência de uma curva negativa na fase excêntrica, uma fase concêntrica com três picos, onde deveria ter somente um, a fase de voo com diversas perturbações e uma aterrissagem com dois picos. Tais observações podem ter acontecido pelo fato de o cinto elástico ter ficado folgado em certos momentos. Outra hipótese é de que o cinto fornecido pelo fabricante não foi criado com a finalidade de monitorar saltos verticais, mas sim, o nível de atividade física e comportamento sedentário. Outra consideração a ser feita é que o ponto de referência anatômica para fixação do acelerômetro talvez influencie os resultados. Neste estudo, foi adotada a cicatriz umbilical como referência, existindo a possibilidade de interferência da composição corporal do avaliado (quantidade de tecido adiposo na região abdominal) na trepidação causada na coleta, criando, talvez, os *outliers* apresentados nas amostras.

Gráfico 17 - Curva de força de um *Squat Jump*.

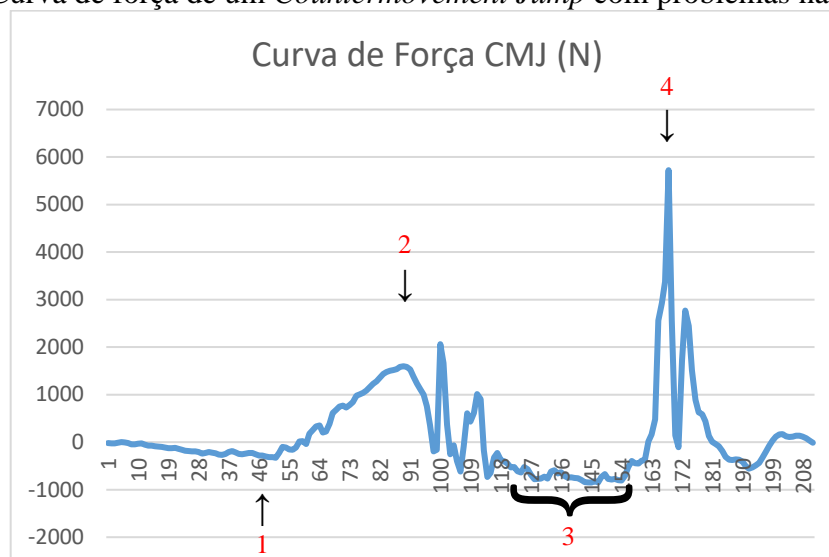


Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 18 - Curva de força de um *Countermovement Jump*.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 19 - Curva de força de um *Countermovement Jump* com problemas na captação.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Os acelerômetros vêm se tornando cada vez mais populares na análise do movimento humano, estando presente em aparelhos vestíveis e celulares. Esta tecnologia nos permite avaliar dados cinemáticos e cinéticos, com baixo custo e praticidade no transporte (RUBEN, 2010). Os sensores inerciais permitem a aplicação de testes de saltos verticais tanto em clínicas, laboratórios, assim como em testes de campo (CAMUNCOLI et al., 2022), facilitando assim a aplicação e acesso a este tipo de avaliação.

Considerou-se como limitação neste estudo o processamento dos dados, demandando bastante tempo para computá-los de forma manual no Excel. O programa do fabricante não analisa de forma automática as variáveis do salto vertical, sendo necessária a exportação dos dados para que só então seja possível realizar os cálculos.

5 CONCLUSÃO

Os achados tornam válido o uso deste equipamento para avaliação do *Squat Jump*, possuindo uma alta correlação e confiabilidade, e um tamanho de efeito muito pequeno em todos os grupos. Já para o *Countermovement Jump*, se fazem necessárias algumas ressalvas. Para as modalidades atletismo e futebol americano o estudo obteve resultados correlatos e concordantes, assim como, um tamanho de efeito muito pequeno. No entanto, ao analisar a modalidade basquete e o grupo de todos os atletas juntos, foram achados uma alta correlação e um tamanho de efeito muito pequeno, mas uma discordância entre os métodos.

Tais valores de discordância nestas modalidades podem estar vinculados a interferências na captação dos dados do CMJ, pois a mudança de direção na transição excêntrica/concêntrica,

que faz parte da técnica deste salto, forneceu dados com precisão questionável. Este fato pode ter ocorrido devido a uma má fixação do aparelho ao atleta avaliado, ou um ponto anatômico de referência para acoplamento do sensor que não seja o ideal (cintura). Sugere-se novas pesquisas com o Actigraph® GT3X, alterando o cinto de fixação, e/ou seu local de fixação, seguindo sugestões dos autores acima citados, utilizando o pulso, coxa, pé ou cano de PVC para avaliar o CMJ.

Conclui-se, então, que o acelerômetro Actigraph® GT3X é válido para avaliação da potência muscular de membros inferiores no salto vertical *Squat Jump*. Já para o salto vertical *Countermovement Jump*, foram encontradas imprecisões, recomendando-se ressalvas ao uso deste equipamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, D. Improving Vertical Jump Performance Through General, Special, and Specific Strength Training: A Brief Review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2, 10, p. 131-136, 1996.
- BARROW, H. M.; MCGEE, R. **Medida e Avaliação em Educação Física e Esporte**. . São Paulo : Manole 2003. 85-204-1310-2.
- BASSETT, D.; ROWLAND, R.; ANN, V.; TROST, S. G.. Calibration and Validation of Wearable Monitors. **Medicine and Science in Sports Exercise**, 44, p. 32-38, 2012.
- BAUMGARTNER, T. J. A.; MAHAR, M.; ROWE, D.. **Measurement for evaluation in physical education and exercise science**. . Iowa - USA: McGraw-Hill, 2006.
- BENDIC, V. G. B.; LASTRE, D.; PERIC, I; SEKULIC, D.. . Analysis of the associations between variables derived throughout velocity-based training device and jumping performances in youth soccer players: Multiple regression study. . **Acta Gymnica**, 51, 2021.
- BOSCO, C. **A força muscular: aspectos fisiológicos e aplicações práticas**. Phorte Editora, 2007. 504 p. 9788576551126.
- BOSCO, C.; KOMI, P. V.. Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle through prestretching. . **Acta Physiologica**, 106, p. 467-472, 1979.
- BOSCO, C. LUTANEN, P.; KOMI, P. V.. A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping **European Journal of Applied Physiology**, 50, p. 273-282, 1983.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Measuring agreement in method comparison studies. **Statistical Methods in Medical Research**, v. 8, n. 2, p. 135–160, abr. 1999.
- BRUGHELLI, S. L.; CRONIN, P. A. Validation of a thigh and shank accelerometry system for the assessment of lower limb power. **Journal of Sports Sciences**, 2013.
- CAMUNCOLI, F.; BARNI, L; NUTARELLI, S.; ROCCHI, J. E.; BARCILLES, M; DIO, I. D.; GALLI, M.. Validity of the Baiobit Inertial Measurements Unit for the Assessment of Vertical Double- and Single-Leg Countermovement Jumps in Athletes. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 14720, 19, 2022.
- CHEN, K.; BASSETT, D.. The Technology of Accelerometry-Based Activity Monitors: Current and Future. **Medicine and Science in Sports Exercise**, 37, p. 490-500, 2005.

CHENG, K. B.; WANG, C.; CHEN, H.; WU, C.; CHIU, H.;. The mechanisms that enable arm motion to enhance vertical jump performance-a simulation study. **Journal of Biomechanics**, 41, n. 9, p. 1847-1854, 2008.

CHOUKOU, M.; LAFFAYE, G; TAIAR, R.. Reliability and validity of an accelerometric system for assessing vertical jumping performance. **Biology of Sport**, 1, 31, p. 55-62, 2014.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences** 2ed. Nova Iorque, Nova Iorque. : LAWRENCE ERLBAUM ASSOCIATES, 1988. 0-8058-0283-5

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Developing maximal neuromuscular power part 1 – Biological Basis of Maximal Power Production. **Sports Medicine**, 1, 41, p. 17-38, 2011.

DOCHETY, D.; ROBINS, D.. Complex Training Revisited: A Review of its Current Status as a Viable Training Approach. **Strength and Conditioning Journal**, 26, p. 52-57, 2004.

FREEDSON, P. MELANSON, E.; SIRARD, J.. Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. accelerometer. **Medicine and Science in Sports Exercise**, 30, n. 5, p. 777-781, 1998.

GARNACHO-CASTAÑO, M. V.; FAUNDEZ-ZANUY, M.; SERRA-PAYÁ, N.; MATÉ-MUÑOZ, J.; LÓPEZ-XARBAU, L.; VILA-BLANCH, M.. Reliability and validity of the polar v800 sports watch for estimating vertical jump height. **Journal of Sports Science and Medicine**, 20, p. 149-157, 2021.

GLASS, G. V.; PECKHAM, P.; SANDERS, J. R.. Consequences of failure to meet assumptions underlying the fixed effects analyses of variance and covariance. **Review of educational research**, 42, p. 237, 1972.

GRUBER, M.; PELTONE, J.; BARSTSCH, J.; BARZYK, P.. The validity and reliability of counter movement jump height measured with the Polar Vantage V2 sports watch. **Frontiers in Sport and Active Living**, 4, 2022.

HARMAN, E. .; ROSENSTEIN, R.M.; FRYKMAN, P.N.; KRAEMER, W.J.. Estimation of human power output from vertical jump. **Journal of Applied Sport Science Research**, 3, 5, p. 116-120, 1991.

HAUN, C. T. **An Investigation of the Relationship Between a Static Jump Protocol and Squat Strength: A Potential Protocol for Collegiate Strength and Explosive Athlete Monitoring**. 2015. 131 f. (Master of Arts in Kinesiology, Leisure and Sport) - Department of Exercise and Sport Science, Gcut Venneuee Stcte Wnkxetukt{ Tennessee - USA. Disponível em: <https://dc.etsu.edu/2534>

HEDGES, L. V. **Statistical methodology in meta-analysis**. Princeton, New Jersey. : ERIC Clearinghouse on TestS, Measurement, and Evaluation, 1982.

HOWARD, R.; CONWAY, R.; HARRISON, A. J.. Estimation of Force during Vertical Jumps using Body Fixed Accelerometers *In: Irish Signal and Systems Conference*, 2014, Limerick - Irlanda. University of Wolverhampton

KOMI, P. V.; BOSCO, C. . Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Medicine and Science in Sports**. , 4, 10, p. 261-265, 1978.

KRASKA, J. M.; RAMSEY, M. W.; HAFF, G. G.; FETHKE, N.; SANDS, W. A.; STONE, M. E.; Stone, M. H.. Relationship Between Strength Characteristics and Unweighted and Weighted Vertical Jump Height. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 4, p. 461-473, 2009.

LINTHORNE, N. P. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. **American Journal of Physics**, 69, n. 11, p. 1198-1204, 2001.

MARKOVIC, G.; DIZDAR, D.; JUKIC, I.; CARDINALE, M.. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 18, p. 551-555, 2004.

MARKSTRÖM, J. L.; OLSSON., C. Countermovement jump peak force relative to body weight and jump height as predictor for sprint running performance: (in)homogeneity of track and field athletes? . **The Journal of Strength and Conditioning Research**, 4, 27, 2013.

MCGINNIS, P. M. **Biomechanics of sports and exercise**. New York - USA: Human Kinetics, 2013. 978-0-7360-7966-2.

MOIT, H. A. Correlation analysis in clinical and experimental studies. **Jornal Vascular Brasil.**, 4, 17, p. 275-279, 2018.

RATAMES, N. A. Composição Corporal. . *In: MILLER, T. (Ed.). Guia para Avaliação do Condicionamento Físico.* . Washington - EUA: National Strength and Conditioning Association. , 2015.

RUBEN, R. M. **Validity and reliability of accelerometers for examining vertical jump performance** Orientador: HAFF, G. G. 2010. (Master of Scienci in Exercise Physiology.) - School of Medicine, West Virginia University, Morgantown, West Virginia.

SASAKI, J. E.; SILVA, K. S.; COSTA, B. G.. **Uso de acelerômetros para mensurar atividade física e comportamento sedentário.** . Florianopolis/SC: Midiograf, 2018.

SAYERS, S. P.; ARACKIEMICS, D. V.; HARMAN, E. A.; FRYKMAN, P.; ROSENSTEIN, M.. Cross-validation of three jump power equations. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 31, p. 572-577, 1999.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B.. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, 3, 51, 1965.

SILVA, K. R.; MAGALHÃES, J.; GARCIA, M. A, C.. Desempenho do salto vertical sob diferentes condições de execução. **Arquivos em Movimento**, 1, p. 17-24, 2005.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Research Methods in Physical Activity**. 7. ed. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2015.

WATKINS, C.; BARILLAS, S.; WONG, M.; ARCHER, D.; LOCKIE, R.; COBURN, J.; TRAN, T. T.; BROWN, L.. Determination of vertical jump as a measure of neuromuscular readiness and fatigue. **Journal of Strength and Conditioning Research**., 12, 31, p. 3305-3310, 2017.

APÊNDICE A

Lista Acelerômetro

NOME: _____ Massa Corporal: _____ hora: _____

Tipo de Salto	Tentativa 1	Tentativa 2	Tentativa 3	Tentativa 4	Tentativa 5

NOME: _____ Massa Corporal: _____ hora: _____

Tipo de Salto	Tentativa 1	Tentativa 2	Tentativa 3	Tentativa 4	Tentativa 5

NOME: _____ Massa Corporal: _____ hora: _____

Tipo de Salto	Tentativa 1	Tentativa 2	Tentativa 3	Tentativa 4	Tentativa 5

NOME: _____ Massa Corporal: _____ hora: _____

Tipo de Salto	Tentativa 1	Tentativa 2	Tentativa 3	Tentativa 4	Tentativa 5

NOME: _____ Massa Corporal: _____ hora: _____

Tipo de Salto	Tentativa 1	Tentativa 2	Tentativa 3	Tentativa 4	Tentativa 5

NOME: _____ Massa Corporal: _____ hora: _____

Tipo de Salto	Tentativa 1	Tentativa 2	Tentativa 3	Tentativa 4	Tentativa 5

APÊNDICE B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do estudo: **O USO DO ACELERÔMETRO ACTIGRAPH® GT3X PARA AVALIAÇÃO DOS SALTOS VERTICAIS: EVIDÊNCIAS DE VALIDAÇÃO.**

Pesquisador responsável: RODRIGO ALVES FRANÇA

Instituição/Departamento: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA.

Telefone e endereço postal completo: (55) 3220 8431 - Avenida Roraima, 1000, prédio 51, Departamento do Programa de Pós-graduação em Educação Física, 97105-900 - Santa Maria – RS

Local da coleta de dados: Laboratório de Biomecânica da Universidade Federal de Santa Maria (LABIOMECC).

Eu, Rodrigo Alves França, responsável pela pesquisa: *O uso do acelerômetro Actigraph® GT3X para avaliação dos saltos verticais: evidências de validação.*, te convido a participar como voluntário deste nosso estudo.

Por meio desta pesquisa pretende-se avaliar a velocidade de contração muscular dos atletas e comparar dois equipamentos. Para o desenvolvimento deste estudo será feito o seguinte: Medidas Corporais (peso e estatura) e Saltos verticais em plataforma de força com o uso concomitante de um acelerômetro (Squat Jump e Countermovement Jump). Sua participação constará em relatório e fichas cadastrais, assim como, imagens dos testes que serão utilizadas mantendo o sigilo de imagem (rosto tarjado), mantendo a confidencialidade de sua participação.

Sendo sua participação voluntária, você não receberá benefício financeiro. Os gastos necessários para a sua participação na pesquisa serão assumidos pelos pesquisadores.

É possível que aconteçam os seguintes desconfortos ou riscos: dores musculares decorrentes do esforço físico ou lesões ocasionais do cotidiano de um atleta de rendimento. Desta forma, caso ocorra algum problema o teste será interrompido e você terá acompanhamento e assistência, sendo encaminhado ao pronto socorro de forma gratuita.

O benefício que esperamos deste estudo é criar uma metodologia que facilite a prescrição de treinamentos para atletas.

Você tem garantida a possibilidade de não aceitar participar ou de retirar sua permissão a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo pela sua decisão.

Durante todo o período da pesquisa você terá a possibilidade de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento. Para isso, entre em contato com algum dos pesquisadores ou com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade de Santa Maria.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e poderão ser divulgadas em eventos ou publicações, sem a identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação.

Autorização

Eu, _____, após a leitura ou a escuta da leitura deste documento e ter tido a oportunidade de conversar com o pesquisador responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, estou suficientemente informado, ficando claro que minha participação é voluntária e que posso retirar este consentimento a qualquer momento sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos quais serei submetido, dos possíveis danos ou riscos deles provenientes e da garantia de confidencialidade. Diante do exposto e de espontânea vontade, expresso minha concordância em participar deste estudo e assino este termo em duas vias, uma das quais foi-me entregue.

Assinatura do voluntário ou responsável legal.

Assinatura do responsável pela obtenção do TCLE

Local, _____

Data: ___/___/_____