

**Túlio Luiz Banja Fernandes**

**COMPARAÇÃO DE DIFERENTES PROCEDIMENTOS NA DETERMINAÇÃO DO  
DESEMPENHO NO SALTO DE ATAQUE NO VOLEIBOL**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

2017

**Túlio Luiz Banja Fernandes**

**COMPARAÇÃO DE DIFERENTES PROCEDIMENTOS NA DETERMINAÇÃO DO  
DESEMPENHO NO SALTO DE ATAQUE NO VOLEIBOL**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Hans-Joachim Karl Menzel

Belo Horizonte  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional  
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

A Tese intitulada “**Comparação de diferentes procedimentos na determinação do desempenho no salto de ataque no voleibol**”, de autoria do doutorando **Túlio Luiz Banja Fernandes**, defendida em 01 de dezembro de 2017, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, foi submetida à banca examinadora composta pelos professores:

Prof. Dr. Hans-Joachim Karl Menzel (orientador)  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional  
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Thales Rezende de Souza  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional  
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. André Gustavo Pereira Andrade  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional  
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Alberto Carlos Amadio  
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Ricardo Machado Leite de Barros  
Universidade Estadual de Campinas

Belo Horizonte, 01 de dezembro de 2017.

Dedico esse trabalho à todos os meus  
alunos, minha mãe e minha família.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à todas as pessoas que colaboraram de alguma forma para esse trabalho e especificamente a algumas pessoas em especial.

Ao meu orientador, o Professor Dr. Hans – Hans-Joachim Karl Menzel, por acreditar em meu potencial e pelas brilhantes intervenções na criação desse trabalho.

Ao meu colega, o Professor Dr. André Gustavo Pereira de Andrade (O Gênio) pelas respostas precisas nas minhas dúvidas e nas reuniões que duravam o tempo de um almoço.

Ao Professor Dr. Mauro Heleno Chagas (Carrasco) pelas provocações e questionamentos durante todo o meu processo de aprendizagem e doutoramento.

Ao Professor Dr. Gustavo Peixoto (Gustavão) pelo auxílio de construção de rotinas no *DasyLab*.

Às minhas colegas de Doutorado, Fabiola Bertú (Jóven) e a professora Doutora Tenente Silvia (Madonna) pela convivência e cumplicidade nas tarefas do doutorado.

À Professora Dr.<sup>a</sup> Amanda Silvati (Lôra) do Laboratório de Biomecânica (LAB) da Universidade Federal de Viçosa por ceder o Visual 3D para o tratamento dos dados.

Todos os colegas professores da EEEFTO que tive a honra de conviver durante esses quatro anos e que contribuíram para a minha formação.

Aos Colegas do IEFES, principalmente ao Diretor do Instituto, o Professor Dr. Antônio Barroso Lima pela compreensão e por acreditar no meu potencial.

Aos funcionários da EEEFTO em especial ao Hamilton e do IEFES Diego, que de sempre me socorreram com os problemas administrativos.

Aos colegas (biolabianos) que fiz aqui e aos mineiros que tiveram paciência comigo (eu sei que não foi fácil).

À minha Esposa Waleska Danielly Goulart pela compreensão e parceria nessa caminhada.

## RESUMO

Durante o salto de ataque no voleibol existe uma assimetria entre membros inferiores, que deve ser levada em consideração para identificar os fatores que contribuem para o desempenho. As variáveis que influenciam o desempenho são mensuradas pela cinemetria através da aquisição de imagens determinando a localização do centro de gravidade implementado por um modelo antropométrico. O teorema impulso-momento calcula a trajetória do centro de gravidade através de plataformas de força sem implementar nenhum modelo. No salto de ataque, a velocidade do centro de gravidade no início do impulso é diferente de zero, sendo necessário conhecer essa velocidade, que só pode ser calculada pela cinemetria. Assim, para verificar o desempenho no o salto de ataque é preciso adotar esses dois procedimentos de forma combinada. A cinemetria pode apresentar erros ao implementar um modelo antropométrico, sendo necessário verificar a sua confiabilidade, acurácia e validade ao calcular a velocidade no inicio do impulso. Assim, comparamos a cinemetria com o impuso-momento, durante saltos em que velocidade inicial é zero, nos saltos com contramovimento com e sem com auxílio os membros superiores. Existem estratégias que estimam a localização do centro de gravidade utilizando modelos antropométricos simplificados que tem sido pouco aplicado durante saltos podendo ser uma opção para uma análise mais rápida e simplificada. Assim, os objetivos desse estudo foram verificar a confiabilidade, acurácia e validade entre a velocidade do centro de gravidade calculada pela cinemetria utilizando modelo antropométrico de corpo inteiro e modelos antropométricos simplificados, com o impulso-momento, em determinados instantes, durante o salto com contramovimento com e sem o auxílio dos membros superiores. Também foram verificadas a confiabilidade, acurácia e validade da velocidade de decolagem do centro de gravidade utilizando modelos antropométricos simplificados com a cinemetria no salto de ataque e na aplicação de procedimentos combinados. 12 câmeras, 2 plataformas de força foram utilizadas para calcular as velocidades do centro de gravidade e dos modelos antropométricos simplificados. 10 atletas de voleibol do sexo feminino, categoria adulta da 1ª liga nacional da Áustria, com idade: 19,85 ( $\pm 3,46$ ) anos e 70,47 ( $\pm 11,02$ ) kg realizaram os três tipos de salto. A confiabilidade e acurácia dos dados foi calculada pelo coeficiente de correlação intraclasse e o erro padrão da medida respectivamente. Para a validade foi utilizado o gráfico de Bland – Altman. Em relação ao desempenho, os resultados mostraram valores de confiabilidade altos, acurácia elevada e validade entre a cinemetria e o impulso-momento nos procedimentos durante os saltos com contramovimento com e sem o auxílio dos membros superiores. O modelo antropométrico simplificado utilizando o ponto na espinha ilíaca póstero superior, foi confiável, preciso e válido apenas no salto com contramovimento. No salto de ataque o modelo antropométrico simplificado na espinha ilíaca antero superior apresentou alta confiabilidade, acurácia e foi válido com a velocidade no início do impulso, calculada pela cinemetria. A maioria dos procedimentos combinados apresentaram alta confiabilidade, acurácia e validade com a cinemetria. Conclui-se que o procedimento combinado mostrou-se similar à velocidade de decolagem no salto de ataque calculada pela cinemetria.

**Palavras-chave:** Salto de ataque. Cinemetria. Modelo antropométrico. Procedimento combinado. Validação.

## ABSTRACT

During the volleyball spike jump there is an asymmetry between lower limbs, which must be taken into account to identify the factors that contribute to the performance. The variables that influence the performance are measured by the kinemetry through images acquisition determining the center of gravity location by an anthropometric model implementation. The impulse-moment theorem calculates the center of gravity trajectory through force platforms without a model implementing. In the spike jump, the center of gravity velocity at the beginning of the impulse is non-zero, being necessary to know this velocity, that can only be calculated by kinemetry. Thus, to verify the performance in the spike jump, it is necessary to adopt these both procedures in a combined way. The kinemetry may present errors when implementing an anthropometric model, being necessary to verify its reliability, accuracy and validity when calculating the velocity at the beginning of the impulse. Thus, we compared the kinemetry with the impulse-momentum, during jumps that the initial velocity is zero, as countermovement jump with and without upper limbs aid. There are strategies that estimate the center of gravity location using simplified anthropometric models that have been little applied during jumps and may be an option for a faster and simple analysis. Thus, the objectives of this study were to verify the reliability, accuracy and validity between the velocity of the center of gravity calculated by the kinemetry using a whole body anthropometric model and simplified anthropometric models, with the impulse-moment, in certain instants, during the countermovement with and without upper limbs aid. We also verified the reliability, accuracy and validity between take off velocity using simplified anthropometric models with the kinemetry in the spike jump and combined procedures. 12 cameras, 2 force platforms were used to calculate the center of gravity velocities and the simplified anthropometric model. 10 female volleyball athletes, adult category of the 1st national league of Austria, aged: 19.85 ( $\pm$  3.46) years and 70.47 ( $\pm$  11.02) kg performed the three types of jump. The reliability and accuracy were calculated by the intraclass correlation coefficient and the standard error of the measurement respectively. For the validity was used the Bland - Altman plot. In regarding of performance, the results showed high reliability, high accuracy and validity between kinematics and the impulse-moment procedures in jumps with countermovement with and without the aid of the upper limbs. The simplified anthropometric model using the point at the posterior superior iliac spine was reliable, accurate and valid only for countermovement jump. In the spike jump, the simplified anthropometric model at the antero-superior iliac spine presented high reliability, accuracy and was valid with the velocity at the beginning of impulse, calculated by the kinemetry. Most of the combined procedures presented high reliability, accuracy and validity with kinemetry. We concluded that the combined procedure was similar to the takeoff velocity in spike jump calculated by the kinemetry.

**Keywords:** Spike jump. Kinemetry. Anthropometric model. Momentum. Combined procedure. Validation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Equação 1	Equação para o cálculo da velocidade de decolagem para saltos em que a velocidade no início do impulso é diferente de zero.....	36
Equação 2	Equação da aceleração uniforme para o cálculo da elevação máxima do centro de gravidade.....	38
Equação 3	Equação para o cálculo da elevação máxima do centro de gravidade pela duração do tempo de voo.....	38
Equação 4	Equação para o cálculo da elevação máxima do centro de gravidade a partir da diferença entre a posição mais elevada do CG com a altura do CG no instante de decolagem.....	39
Equação 5	Equação para o cálculo da elevação máxima do centro de gravidade do teorema do impulso – momento.....	40
Figura 1	Execução do salto de ataque.....	22
Figura 2	Definição das fases durante o movimento do salto de ataque.....	24
Figura 3	Posição do CG entre a decolagem e elevação máxima do CG no salto com contramovimento.....	39
Figura 4	Plataformas de força e seu posicionamento.....	51
Figura 5	Sequência de execução do salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores e respectivos instantes.....	53
Figura 6	Sequência de execução do salto com contramovimento e respectivos instantes.....	53
Figura 7	Sequencia de eventos na execução do salto de ataque.....	54
Figura 8	Modelo antropométrico Plug-in Gait, gerado a partir dos marcadores fixos na pele.....	55
Gráfico 1	Trajatória do CG no salto de ataque.....	21
Gráfico 2	Descrição dos instantes de um típico salto de ataque.....	27
Gráfico 3	Força de reação do solo e deslocamento do CG durante o salto com contramovimento.....	37
Gráfico 4	Curva força-tempo de um salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.....	57
Gráfico 5	Curva de velocidade do CG de um salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores após procedimento de integração numérica.....	58
Gráfico 6	Curva força-tempo de um salto de ataque durante a fase de impulsão.....	59
Gráfico 7	Curvas de deslocamento e velocidade do CG e dos modelos antropométricos simplificados no salto de ataque.....	61
Gráfico 8	Resultado de uma tentativa de uma atleta no salto com contramovimento.....	68
Gráfico 9	Resultado de uma tentativa de uma atleta no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.....	68
Gráfico 10	Bland – Altman na velocidade mínima entre o teorema impulso-momento, com os cinemetria, RASI e RPSI no salto com contramovimento.....	74
Gráfico 11	Bland – Altman da velocidade máxima calculada pelos teorema impulso-momento e a cinemetria no salto com contramovimento.....	75
Gráfico 12	Bland – Altman da velocidade de decolagem calculada pelo teorema impulso-momento e a cinemetria (A) e o teorema impulso-momento e RPSI (B) no salto com contramovimento.....	76

Gráfico 13	Bland – Altman da velocidade de aterrissagem calculada pelo teorema impulso-momento e a cinemetria (A) e o teorema impulso-momento e RPSI (B) no salto com contramovimento.....	77
Gráfico 14	Bland – Altman da velocidade mínima calculada pelo teorema impulso-momento e RPSI no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.....	78
Gráfico 15	Bland – Altman da velocidade máxima calculada pelo teorema impulso-momento e a cinemetria (A) teorema impulso-momento e RPSI (B) no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.....	79
Gráfico 16	Bland – Altman da velocidade de decolagem calculada pelo teorema impulso-momento e a cinemetria no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.....	80
Gráfico 17	Bland – Altman da velocidade de aterrissagem calculada pelo teorema impulso-momento e a cinemetria no salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.....	81
Gráfico 18	Resultado de uma tentativa de uma atleta avaliada pela cinemetria no salto de ataque.....	83
Gráfico 19	Bland – Altman da velocidade no início do impulso calculada pela cinemetria e RASI no salto de ataque.....	87
Quadro 1	Métodos de medição e modelo antropométrico na análise do salto de ataque.....	31
Quadro 2	Critérios para considerar correta a execução de um salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.....	52
Quadro 3	Relação dos marcadores antropométricos utilizados para a definição do modelo antropométrico de corpo inteiro de acordo com o Plug-In Gait.....	56
Tabela 1	Desempenho do salto de ataque em atletas femininos.....	28
Tabela 2	Desempenho do salto de ataque em atletas masculinos.....	28
Tabela 3	Avaliações no salto com contramovimento em Jogadores de voleibol.....	41
Tabela 4	Avaliações no salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores em Jogadores de voleibol.....	42
Tabela 5	Dados descritivos referentes a idade, massa corporal e estatura da amostra.....	49
Tabela 6	Tentativas válidas para o salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.....	66
Tabela 7	Estatística descritiva e valores de confiabilidade e variabilidade do grupo no salto com contramovimento.....	69
Tabela 8	Estatística descritiva e valores de confiabilidade e variabilidade do grupo no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.....	69
Tabela 9	Valores da variação individual e da diferença mínima individual no salto com contramovimento.....	70
Tabela 10	Valores da variação individual e da diferença mínima individual no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.....	71
Tabela 11	Valores de significância do viés calculado pelo Teste – t entre as variáveis no salto com contramovimento.....	72
Tabela 12	Valores de significância do viés calculado pelo Teste – t entre as variáveis no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.....	73
Tabela 13	Valores de significância para a proporcionalidade do viés em relação ao teorema impulso-momento no salto com contramovimento.....	82
Tabela 14	Valores de significância para a proporcionalidade do viés em relação ao teorema impulso-momento no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.....	82
Tabela 15	Número de tentativas válidas no salto de ataque.....	83

Tabela 16	Estatística descritiva, confiabilidade e variabilidade do grupo no salto de ataque.....	84
Tabela 17	Valores da variação individual e da diferença mínima individual para a velocidade no início do impulso e velocidade de decolagem no salto de ataque.....	85
Tabela 18	Valores de significância do Teste – t para o viés entre as variáveis no salto de ataque.	86
Tabela 19	Valores de significância do viés calculado pelo Teste – t no salto de ataque, entre a cinematria e os modelos antropométricos simplificados.....	88
Tabela 20	Estatística descritiva e valores de confiabilidade e variabilidade nos procedimentos combinados.....	90
Tabela 21	Variação individual e da diferença mínima individual para os procedimentos combinados no salto de ataque.....	90
Tabela 22	Valores de significância do viés calculado pelo Teste – t entre a cinematria e os procedimentos combinados no salto de ataque para a velocidade de decolagem.....	91
Tabela 23	Valores de significância para a proporcionalidade do viés entre a cinematria e os procedimentos combinados no salto de ataque.....	93

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$h_{max}$	Altura do salto
2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
C7	Sétima vertebra cervical
CG	Centro de gravidade do corpo
CLAV	Incisura jugular do externo
FRS	Força de reação do solo
$F_z$	Força vertical
HJ	Hop Jump
Hz	Hertz
LANK	Maléolo lateral da fíbula esquerdo
LANKm	Maléolo medial da tíbia esquerdo
LASI	Espinha íliaca antero superior esquerda
LELB	Epicôndilo lateral do úmero esquerdo
LELBm	Epicôndilo medial do úmero esquerdo
LFHD	Cabeça frontal esquerda
LFIN	Cabeça do terceiro falange proximal esquerda
LHEE	Superfície posterior do calcâneo esquerdo
LHIP	Tubérculo da crista íliaca esquerda
LKME	Epicôndilo medial fêmur esquerdo
LKNE	Fêmur epicôndilo lateral esquerdo
LMT1	Base do primeiro metatarso esquerdo
LMT5	Cabeça do quinto metatarso esquerdo
LPSI	Espinha íliaca posterior esquerda
LSHO	Acrômio esquerdo
LTOE	Face mais proeminente do pé (calçado) esquerdo
LWRA	Processo estiloide do rádio esquerdo
LWRB	Processo estiloide da ulna esquerda
RANK	Maléolo lateral da fíbula direito
RANKm	Maléolo medial da tíbia direito
RASI	Espinha íliaca antero superior direita
RELB	Epicôndilo lateral do úmero direito
RELBm	Epicôndilo medial do úmero direito
RFHD	Cabeça frontal direita
RFIN	Cabeça do terceiro falange proximal direita
RHEE	Superfície posterior do calcâneo direito
RHIP	Tubérculo da espinha íliaca direita
RKME	Epicôndilo medial fêmur direito
RKNE	Epicôndilo lateral fêmur direito

RMT1	Base do primeiro metatarso direito
RMT5	Cabeça do quinto metatarso direito
RPSI	Espinha ilíaca posterior direita
RTOE	Face mais proeminente do pé (calçado) direito
RWRA	Processo estiloide do rádio direita
RWRB	Processo estiloide da ulna direita
SA	Salto de ataque
SC	Step Close
SCM	Salto com contramovimento
SCMs	Salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores
STRN	Articulação xifoide do esterno
T10	Décima vertebra torácica
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
$t_{Vmax}$	Instante na Velocidade máxima
$t_{Vmin}$	Instante na Velocidade mínima
$t_{Voff}$	Instante na Velocidade de decolagem
$t_{Vtd}$	Instante na Velocidade de aterrissagem
$V_{max}$	Velocidade máxima
$V_{min}$	Velocidade mínima
$V_{off}$	Velocidade de decolagem
$V_{td}$	Velocidade de aterrissagem
$V_{on}$	Velocidade no início do impulso no salto de ataque

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1	Objetivos da pesquisa.....	18
1.2	Hipóteses da pesquisa.....	18
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
2.1	O salto de ataque no Voleibol.....	20
2.1.1	Variações na Execução do salto de ataque.....	21
2.1.2	As Fases do Salto de Ataque.....	23
2.1.2.1	A Corrida de Aproximação.....	24
2.1.2.2	A Fase de Impulsão.....	25
2.2	A cinematria na avaliação do salto de ataque.....	27
2.2.1	Avaliações em cinematria e aplicação de modelos antropométricos.....	29
2.3	Avaliações cinéticas no salto de ataque.....	34
2.4	Os saltos que iniciam com uma posição estática.....	36
2.4.1	Procedimentos para estimar o desempenho de um salto.....	37
2.5	O salto com contramovimento com e sem auxílio dos membros superiores.....	40
2.6	Comparações entre o teorema-impulso momento e a cinematria na execução dos saltos com contramovimento com e sem auxílio dos membros superiores.....	43
<b>3</b>	<b>MÉTODO.....</b>	<b>48</b>
3.1	Cuidados Éticos.....	48
3.2	Amostra.....	48
3.3	Procedimentos.....	49
3.4	Instrumentação.....	50
3.4.1	Avaliação dinamométrica do movimento.....	50
3.4.2	Avaliação cinemétrica do movimento.....	54
3.4.3	Cálculo das velocidades utilizando a dinamometria.....	57
3.4.4	Cálculo das velocidades utilizando a cinematria.....	59
3.5	Procedimentos combinados.....	61
3.6	Análise estatística.....	62
3.6.1	Métodos para testar a confiabilidade dos dados.....	63
3.6.2	Métodos para testar a acurácia dos dados.....	63
3.6.3	Métodos para testar a validade dos dados.....	64
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>66</b>
4.1	Os saltos que iniciam em uma posição estática.....	66
4.1.1	Confiabilidade e acurácia dos procedimentos nos saltos que iniciam em uma posição estática.....	67

4.1.2	Validade entre os procedimentos nos saltos que iniciam em uma posição estática....	72
4.1.2.1	Gráficos de Bland – Altman nos saltos que iniciam em uma posição estática.....	73
4.1.2.2	Proporcionalidade do viés nos saltos que iniciam em uma posição estática.....	81
4.2	Avaliação do salto de ataque.....	82
4.2.1	Confiabilidade e acurácia dos procedimentos no salto de ataque.....	84
4.2.2	Validade entre os procedimentos no salto de ataque.....	86
4.2.2.1	Gráfico de Bland – Altman no salto de ataque.....	87
4.2.2.2	Proporcionalidade do viés no salto de ataque.....	88
4.3	Procedimentos combinados no salto de ataque.....	88
4.3.1	Confiabilidade e acurácia dos procedimentos combinados no salto de ataque.....	89
4.3.2	Validade entre os procedimentos combinados no salto de ataque no salto de ataque.....	91
4.3.2.1	Gráfico de Bland – Altman nos procedimentos combinados no salto de ataque.....	91
4.3.2.2	Proporcionalidade do viés nos procedimentos combinados no salto de ataque.....	93
<b>5</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>94</b>
5.1	Os saltos que iniciam em uma posição estática.....	94
5.1.1	Confiabilidade e acurácia dos procedimentos nos saltos que iniciam em uma posição estática.....	94
5.1.1.1	O salto com contramovimento.....	95
5.1.1.2	O salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.....	97
5.1.2	Validade entre os procedimentos nos saltos que iniciam em uma posição estática....	98
5.1.2.1	O salto com contramovimento.....	98
5.1.2.2	O salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.....	102
5.2	O Salto de ataque.....	104
5.2.1	Confiabilidade e acurácia dos procedimentos no salto de ataque.....	105
5.2.2	Validade entre os procedimentos no salto de ataque.....	106
5.2.2.1	Velocidade no início da impulsão no salto de ataque.....	106
5.2.2.2	Velocidade de decolagem no salto de ataque.....	107
5.3	Procedimentos combinados no salto de ataque.....	109
5.3.1	Confiabilidade e acurácia dos procedimentos combinados no salto de ataque.....	109
5.3.2	Validade entre os procedimentos combinados no salto de ataque.....	109
5.4	Limitações.....	111
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>112</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>113</b>
	<b>Anexos.....</b>	<b>128</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Voleibol é caracterizado por movimentos explosivos de curta duração, dentre eles os saltos verticais, que são executados durante o bloqueio (FICKLIN, LUND; SCHIPPER, 2014) e o ataque (GABBETT; GEORGIEFF; DOMROW, 2007; SATTLER *et al.*, 2012). O salto de ataque (SA) antecede a principal ação ofensiva no jogo de voleibol (FORTHOMME *et al.*, 2005) e é utilizado tanto na ação da cortada quanto no saque. Esse salto é precedido de uma corrida de aproximação (STEFANYSHYN; NIGG, 1998), em que o atleta pode executar de um a quatro passos (HSIEN; CASCARINA; PINGATORE, 2010).

O tipo de salto de ataque mais comum no voleibol é o *Step Close*, que é caracterizado por uma alternância entre os apoios durante a fase de impulso, com um membro se posicionando a frente do outro no plano sagital (WANG *et al.*, 2010), na intenção de diminuir o deslocamento horizontal e otimizar o deslocamento vertical durante o voo (CIAPPONI; MCLAUGHLIN; HUDSON, 1995).

Por consequência da corrida de aproximação e do movimento dos braços para a cortada, as ações tanto para os membros superiores quanto para os inferiores são assimétricas (WAGNER, *et al.*, 2009). Assim, através da análise destas diferenças bilaterais é possível identificar fatores que contribuem para a otimização do desempenho (LAWSON *et al.*, 2006) ou que poderiam indicar um possível risco de lesão nesses atletas (BAHR; BAHR, 1997).

Ao executar o salto de ataque, um dos objetivos do atleta é atingir a bola no ponto mais alto do salto (COLEMAN; LOBIETTI, 2013). Para isso, o atleta deve maximizar a velocidade de decolagem ( $V_{off}$ ) e por consequência, a elevação máxima do centro de gravidade (CG). A velocidade de decolagem é definida como a velocidade vertical do CG no instante de decolagem do salto e a partir do seu valor é possível determinar sua elevação máxima (MOIR, 2008). Apesar da análise do desempenho ser importante, a identificação e a quantificação das variáveis que influenciam o desempenho, também são de interesse da biomecânica do esporte (HAY, 1993). As variáveis que influenciam o desempenho podem ser mensuradas a partir de métodos cinemáticos ou cinéticos. Quanto ao desempenho no salto de ataque, o método cinemático calcula a velocidade de decolagem e a elevação

máxima a partir do deslocamento do CG do indivíduo utilizando a cinemetria (CIN), que consiste em um conjunto de métodos que busca medir as variáveis do movimento através da aquisição de imagens (AMADIO; BARBANTI, 2000). Na cinemetria, a localização do CG é baseada na implementação de um modelo antropométrico (ROBERTSON; GORDON, 2014).

O modelo antropométrico mais utilizado na literatura na análise do movimento é o de *Dempster* (VIRMARINA; ISOLEHTO, 2014), que informa sobre a localização do CG de cada segmento e sua massa relativa, baseada em análise de cadáveres e a partir de equações de regressão determina a localização do CG (DEMPSTER, 1955). Porém, os valores da posição do CG foram estimados utilizando apenas espécimes masculinos, caucasianos e não atletas, que pode gerar erros na aplicação desse modelo em outras populações (ROBERTSON; GORDON, 2014). Todavia, esse modelo tem sido amplamente utilizado em avaliações do salto de ataque (CHEN; HUANG, 1999; HUANG; LIU; SHEU, 1999; HUANG *et al.*, 2002; TILP; WAGNER; MÜLLER, 2008; WANG *et al.*, 2010).

A cinética por sua vez calcula o desempenho de saltos utilizando sistemas de medição orientados para a obtenção das forças de reação do solo (FRS) (AMADIO *et al.*, 2002). Para isso, o instrumento utilizado é a plataforma de força (MOIR, 2008). A partir da integração numérica da série temporal da força vertical ( $F_z$ ) durante a fase de apoio é calculada a alteração da velocidade vertical ( $\Delta V_z$ ) pelo teorema impulso-momento (TIM). Assim é possível, calcular a velocidade do CG sem a necessidade de implementar nenhum modelo antropométrico (BUSKÓ *et al.*, 2015), assim, o teorema impulso-momento apresenta ser a alternativa correta para a análise dos criterios de desempenho em saltos (KIBELE, 1998).

Como o salto de ataque possui uma característica assimétrica, para a análise das variáveis de influência é necessário medir as FRS. A partir disso é possível determinar a alteração da velocidade vertical e horizontal para cada membro, nas diferentes fases de frenagem e de aceleração. Dessa forma, seria possível verificar a contribuição de cada membro durante a fase de impulsão no salto de ataque.

No entanto, o salto de ataque é precedido por uma corrida de aproximação, antes do início da impulsão, isso faz com que, o valor da velocidade no início do impulso seja diferente de zero. Como o teorema impulso-momento permite apenas o cálculo da

alteração da velocidade vertical, para medir o desempenho no salto de ataque é necessário o conhecimento da velocidade no início do impulso ( $V_{on}$ ). Dessa forma, a velocidade de decolagem de um salto de ataque calculada por esse procedimento é a soma de velocidade no início do impulso com a alteração da velocidade vertical. Porém, a velocidade no início do impulso, só pode ser calculada pela cinemetria implementada por um modelo antropométrico. Como a cinemetria pode apresentar erros e a alteração da velocidade vertical calculada pelo teorema impulso-momento é o procedimento mais preciso é necessário saber o erro na determinação da velocidade no início do impulso calculada pela cinemetria. Para isso será verificada a confiabilidade, a acurácia e a validade da cinemetria em relação ao teorema impulso-momento, através de saltos em que a velocidade inicial é igual à zero, como por exemplo, o salto com contramovimento (SCM) e o salto com contramovimento com o auxílio dos membros superiores.

Kibele (1998) ao validar a cinemetria com o teorema impulso-momento, na execução do salto com contramovimento concluiu que não havia concordância entre esses procedimentos. Aragon-Vargas (1996) verificou que houve diferenças significativas entre a cinemetria e o teorema impulso-momento, no entanto, relataram valores muito altos de confiabilidade nos dois procedimentos e também, índices de correlação muito altos. Em um estudo recente, SLOMKA *et al.* (2017) testaram a confiabilidade e a validade concorrente entre o uso da plataforma de força e a cinemetria. Esses autores relataram que os procedimentos possuem confiabilidade muito alta, apresentando validade em relação a elevação máxima. No estudo de Palazzi, Williams e Bourbon (2013) esses autores encontraram concordância entre as posições do CG calculados pela cinemetria em relação ao teorema impulso-momento, em cinco instantes durante a execução do SCM: no início do salto, na posição mais baixa do CG, no instante de decolagem, no ponto mais alto do salto e na aterrissagem. Esses autores encontraram diferenças entre as posições do CG menores que 1 cm, em todos os instantes, exceto na posição mais baixa do CG e na aterrissagem. No entanto, esses autores não verificaram as velocidades nesses instantes.

Nesse sentido, a avaliação das velocidades em determinados instantes, durante as fases descendente, ascendente e de voo do salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores podem dar

maiores informações se durante as fases do salto existem variações na confiabilidade e acurácia da velocidade entre os procedimentos, uma vez que, no salto de ataque também serão verificados em determinados instantes, particularmente na velocidade no início do impulso.

Outro aspecto que pode ser abordado é que alguns estudos verificaram a aplicação de modelos antropométricos simplificados (THIRUNARAYAN *et al.*, 1996; GARD; MIFF; KUO, 2004). Durante a execução de saltos, alguns estudos estimaram que o CG era um marcador fixo na região do sacro (RANAVOLO *et al.*, 2008) ou era representado pela pelve (RABUFETTI; BARONI, 1999). No entanto, nestes estudos os autores não verificaram a validade entre o modelo antropométrico simplificado e o teorema impulso-momento e apenas verificaram a associação e as diferenças entre as posições CG. Como a utilização de modelos simplificados tem sido pouco aplicada em tarefas de saltos, essa estratégia poderia também ser verificada durante a execução dos salto com contramovimento, salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores e no salto de ataque.

Os modelos antropométricos simplificados poderiam ser uma opção para a avaliação dos saltos que iniciam em uma posição estática, quando não for possível a utilização da plataforma de força. No salto de ataque, o procedimento combinado, em que o cálculo da velocidade no início do impulso utilize um modelo antropométrico simplificado, a partir de um marcador poderia ser uma estratégia durante coletas de dados, em que o número de indivíduos a ser avaliado seja numeroso ou quando não for possível a utilização de um modelo antropométrico de corpo inteiro. A utilização de modelos antropométricos simplificados no salto de ataque, ainda não foi investigada.

A partir do que foi exposto, a solução para resolver a limitação metodológica, para avaliar as questões relacionadas à assimetria de força, com o desempenho do salto de ataque seria a aplicação de procedimentos combinados, porém, para isso é necessário verificar a confiabilidade, acurácia e a validade da cinematria ao calcular a velocidade no início do impulso. Isso será verificado durante a execução de saltos que iniciam em uma posição estática e a partir dessa análise será verificada a aplicação de modelos antropométricos simplificados.

Uma vez que o teorema impulso-momento e a cinemetria apresentarem confiabilidade, acurácia e validade nos saltos que iniciam em uma posição estática, poderá ser testada a confiabilidade e a validade dos procedimentos combinados, em conjunto com modelos antropométricos simplificados, na avaliação do desempenho do salto de ataque. Esse tipo de abordagem metodológica na avaliação do desempenho no salto de ataque, até o presente momento, ainda não foi investigada na literatura disponível.

### 1.1 Objetivos da pesquisa

- Objetivo 1: Verificar a confiabilidade, acurácia e validade da velocidade do centro de gravidade calculada pela cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro e modelos antropométricos simplificados, com a velocidade calculada pelo teorema impulso – momento, em determinados instantes, durante a execução dos saltos com contramovimento, com e sem a utilização de membros superiores.
- Objetivo 2: Verificar a confiabilidade, acurácia e validade das velocidades dos modelos antropométricos simplificados com a velocidade do centro de gravidade calculada pela cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro, em determinados instantes, durante a execução do salto de ataque.
- Objetivo 3: Verificar a confiabilidade, acurácia e validade da velocidade de decolagem calculada por procedimentos combinados com a velocidade calculada pela cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro, no salto de ataque.

### 1.2 Hipóteses da pesquisa

Neste item são apresentadas apenas as hipóteses nulas desse estudo.

- Hipótese 1: A velocidade do centro de gravidade calculada pela cinemetria implementada por modelo antropométrico de corpo inteiro e por modelos antropométricos simplificados apresentarão confiabilidade, acurácia e validade com a velocidade calculada pelo teorema impulso – momento, nos diferentes instantes,

durante a execução dos saltos com contramovimento com e sem o auxílio de membros superiores.

- Hipótese 2: A velocidade calculada pelos modelos antropométricos simplificados e pelo modelo antropométrico de corpo inteiro apresentarão confiabilidade, acurácia e serão válidas, nos determinados instantes, durante a execução do salto de ataque.
- Hipótese 3: A velocidade de decolagem do centro de gravidade calculada pelos procedimentos combinados apresentarão confiabilidade, acurácia e validade com a cinematria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro no salto de ataque.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

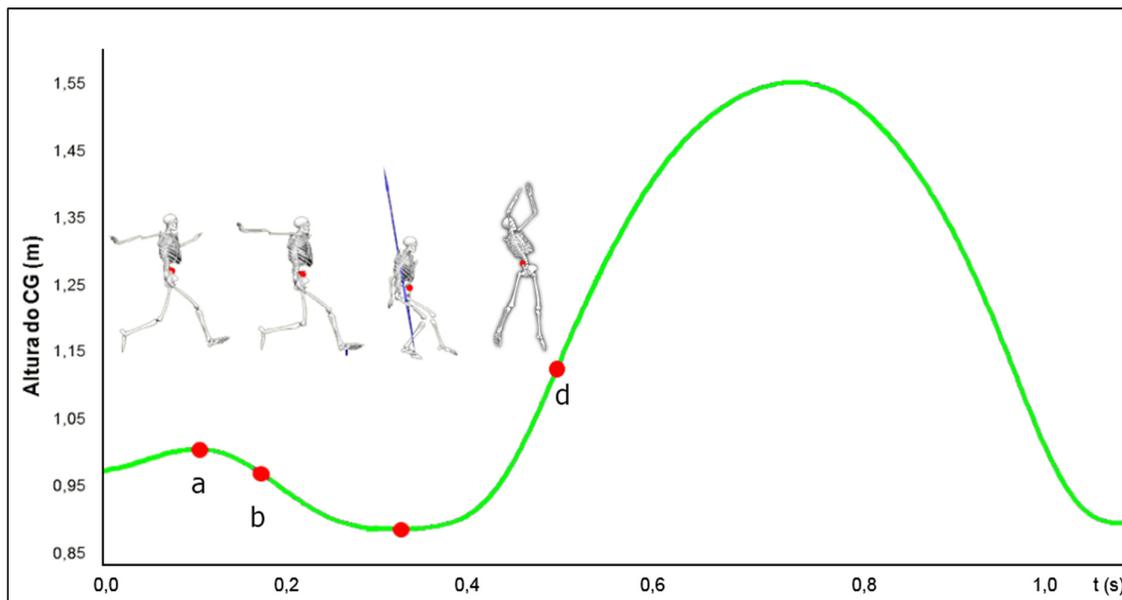
A revisão da literatura vai abordar a execução e as fases do salto de ataque, bem como os procedimentos para calcular o seu desempenho. Também serão analisados os estudos que avaliaram o salto de ataque pela cinemetria e o teorema impulso-momento. Será abordada a aplicação dos modelos antropométricos na cinemetria, em estudos que estimam a posição do CG, como também, as alternativas metodológicas sem a implementação desses modelos. Em seguida, serão abordados os estudos que verificaram a confiabilidade, acurácia e validade entre os procedimentos cinemetria e o teorema impulso-momento em saltos que iniciam em uma posição estática.

### 2.1 O salto de ataque no Voleibol.

O jogo de voleibol requer um grande número de técnicas na qual o salto de ataque é uma das mais difíceis de serem executadas (MONDAL; BHOWMICK, 2013). O salto de ataque precede a principal ação ofensiva no voleibol utilizadas tanto no serviço (saque) quanto na ação de ataque (cortada). A princípio, ao executar o salto de ataque, o atleta tem como objetivo atingir a bola no ponto mais alto que o atleta alcança (COLEMAN; LOBIETTI, 2013). Para isso, o atleta deve gerar uma maior velocidade de decolagem, maximizando assim sua elevação máxima. Segundo Hsieh e Christiansen (2010), esse tipo de salto é uma combinação de um salto em profundidade (*Drop Jump*) com o salto com contramovimento realizando um ciclo de alongamento – encurtamento de longa duração (KOBASAR; BARDEN, 2011).

Desta forma é possível perceber que no último passo da corrida de aproximação, o atleta inicia uma pequena fase aérea antes da fase de impulso. A partir do ápice dessa fase aérea existe uma diminuição da altura do CG que pode ser considerado uma queda. Essa queda é amortecida pelo primeiro membro a tocar o solo. Após o segundo membro tocar o solo inicia o duplo apoio, até a decolagem. O gráfico 1 mostra a fase de aproximação e a fase de impulsão de um salto de ataque. A descrição das fases do salto de ataque será detalhada no item 2.1.2.

**Gráfico 1 – Trajetória do CG no salto de ataque.**



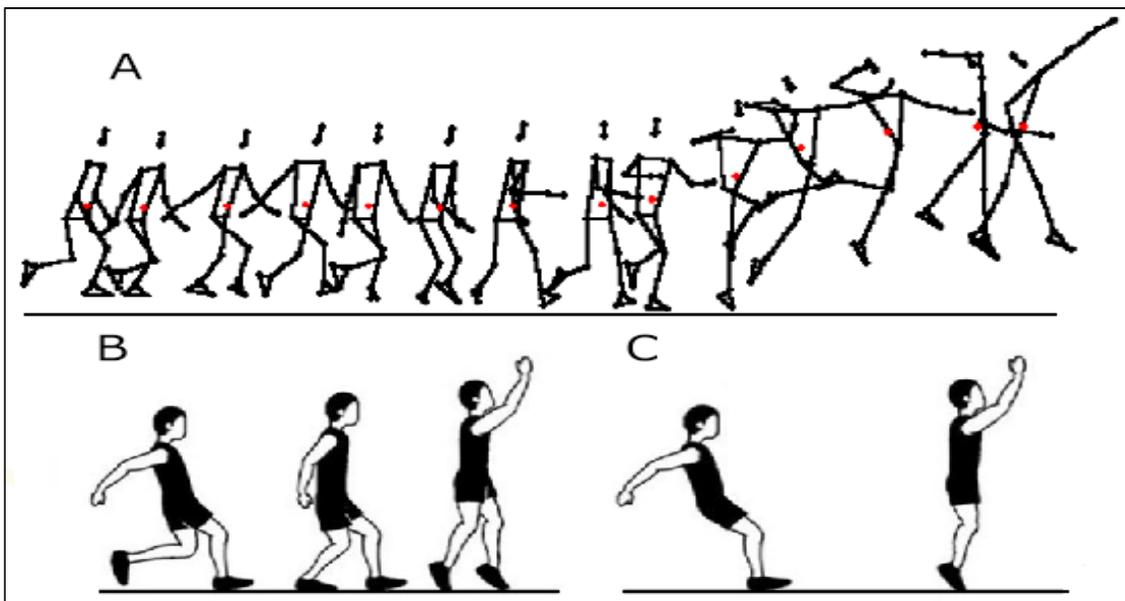
Fonte: Elaboração própria. Legenda: a= altura máxima de queda do CG, b= início de contato com o solo, c= ponto mais baixo do CG, d= decolagem. Os intervalos (a – b) é a altura de queda enquanto que (b – c); é a fase do impulso de frenagem do salto; (a – c) é a fase descendente do salto e (c – d) = fase ascendente e de impulso de decolagem.

### 2.1.1 Variações na Execução do Salto de Ataque.

Entre as formas de execução do salto de ataque, a literatura destaca três mais comuns: O salto “*One Step Jump*” em que a fase de impulso é executada por apenas um membro (SAUNDER, 1980) (FIGURA 1-A). O salto tipo “*Hop Jump*” em que a fase de impulso é executada com os dois membros em simultâneo (COUTTS, 1982) (FIGURA 1-B) e o “*Step Close*” que é o salto de ataque mais comum no voleibol, e se caracteriza pela posição dos pés (um mais à frente do outro no plano sagital) durante a execução do salto (WANG *et al.*, 2010).

Em relação às diferenças na execução do salto de ataque, o *Hop Jump* é considerado uma tarefa simétrica pois os dois pés aterrissam e decolam simultaneamente na execução desse salto (LAWSON *et al.* 2006). Por outro lado o *Step Close* possui um componente assimétrico pois, o tempo de contato, do pé que inicia o movimento é maior que o outro (GUTIÉRREZ-DÁVILA; CAMPOS; NAVARRO, 2006), as amplitudes das articulações do joelho quadril e tornozelo são diferentes para cada membro inferior (WAGNER *et al.*, 2009).

**Figura 1** – Execução do Salto de ataque. A= *One Step Jump* B= *Step Close* e C = e o *Hop Jump*.



Fonte: adaptado de Huang, Liu e Sheu (1998, p. 198) e Wang *et al.* (2010, p. 135).

Vint e Hinrichs (1996) ao comparar os saltos *One Step Jump* e o *Step Close* não encontraram diferenças significativas na altura do salto. Huang, Liu e Sheu (1999) mediram a velocidade horizontal e a velocidade de decolagem no *One Step Jump*. Esses autores relataram que entre esses estilos de salto, o *One Step Jump* obteve uma maior velocidade horizontal a partir do início do contato no solo e um tempo de contato mais curto que o *Step Close*, no entanto sem diferenças significativas na altura do salto entre eles.

Chen e Huang (1999) encontraram resultados semelhantes em atletas do sexo feminino. Estes autores sugerem que o resultado semelhante na altura do salto entre esses dois estilos de salto deve-se ao fato da elevação perna contralateral aumentar a altura do CG no instante de decolagem no *One Step Jump*. Outro motivo apontado por esses autores, para um resultado semelhante na altura do salto é que foram calculadas maiores velocidades horizontais do CG durante a corrida de aproximação o que, segundo esses autores contribuiria para a altura do salto. No entanto, a influência da corrida de aproximação será debatida no item 2.1.2.1. Entre os dois estilos de salto (*Hop Jump* e o *Step Close*), Gutiérrez-Dávila, Campos e Navarro (2009) também não encontraram diferenças significativas no impulso vertical e na altura do salto.

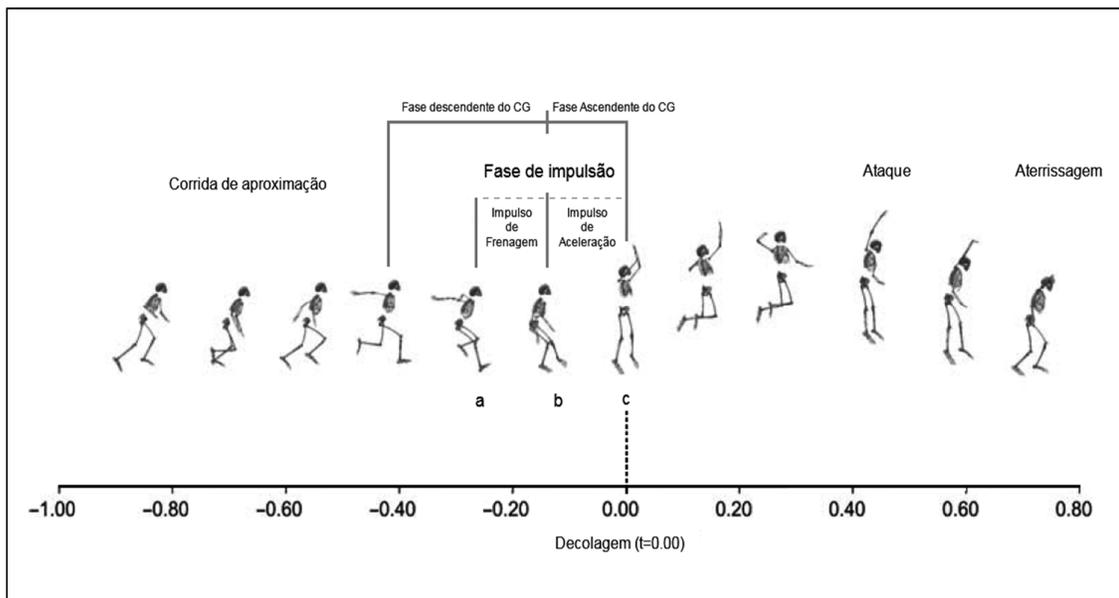
### 2.1.2 As Fases do Salto de Ataque

Entre as formas de execução do salto de ataque já abordadas, nesse estudo será detalhada a técnica do *Step Close*, por ser uma das mais executadas no voleibol moderno na intenção de marcar pontos (MARQUEZ, *et al.*, 2007) e porque apresenta uma característica assimétrica durante sua execução (LAWSON *et al.*, 2006).

O salto de ataque faz parte de uma gama de saltos na qual são precedidos por corridas de aproximação (SAUNDERS, 1983; VINT; HINRICHS, 1996) e é composto por quatro fases: a corrida de aproximação, a impulsão, a fase de voo e a aterrissagem (COUTTS, 1982). A corrida de aproximação é a fase que o atleta aumenta a velocidade horizontal antes do salto (KHAYAMBASHI, 1986; MANN, 2008) e termina com o primeiro contato do indivíduo com o solo, após a fase aérea da corrida de aproximação. A fase de impulsão inicia com o primeiro contato do indivíduo no solo após a corrida de aproximação, até a decolagem (PRSALA, 1982), sendo a decolagem, um dos instantes mais importantes para o salto (DAPENA; CHUNG, 1988). A fase de voo inicia a partir do instante de decolagem até a aterrissagem. A aterrissagem por sua vez compreende do retorno ao solo dos membros inferiores após do salto até ao retorno a posição estática. Nesse trabalho, no salto de ataque, serão detalhados apenas as fases entre a corrida de aproximação e a decolagem.

Coleman, Benham e Northcott (1993) descreveram o saque em suspensão (semelhante ao salto de ataque) e subdividiram a fase de impulsão em fase de descendente e ascendente. De acordo com (HSIEH; CHRISTIANSEN, 2010), a fase descendente iniciaria quando o primeiro membro toca no solo após a corrida de aproximação, no entanto, o CG já inicia um movimento de queda desde o ápice da fase aérea da corrida de aproximação que por sua vez, e termina quando este chega na posição vertical mais baixa. A fase ascendente inicia a partir da posição vertical mais baixa do CG até o instante de decolagem. A figura 2 mostra as principais fases de um salto de ataque.

**Figura 2** – Definição das fases durante o movimento do salto de ataque.



Fonte: adaptado de Tilp, Wagner e Müller (2008, p. 388). (a) corresponde ao primeiro contato do atleta com o solo; (b) contato do segundo membro no solo e (c) decolagem.

### 2.1.2.1 A Corrida de Aproximação

Na corrida de aproximação, é a forma pela qual o indivíduo aumenta a altura do salto. Para isso, o indivíduo pode utilizar até quatro passos em velocidade auto selecionada (MONDAL; BHOWMICK, 2013). Alguns estudos verificaram a influência da corrida de aproximação no desempenho do salto de ataque. Ridgway e Hamilton (1991) ao compararem atletas de elite com amadores indicaram que, para uma maior altura do salto, os atletas deveriam desenvolver uma maior velocidade horizontal, até o instante em que o indivíduo iniciasse a fase de impulsão, para transformar a velocidade horizontal em velocidade de decolagem. Esses autores mencionaram também que, quanto mais veloz for a transição entre a corrida de aproximação e o instante de decolagem haveria um aumento na velocidade de decolagem. Nesse sentido, Dulsault (1986) indicou que para uma maior altura do salto seria necessária maior velocidade de aproximação.

No entanto, quanto maior for a velocidade horizontal, maior também será a necessidade de frear esse movimento para executar o salto vertical (CIAPPONI; McLAUGHLIN; HUDSON, 1995). Mesmo assim, não existe uma relação linear entre a velocidade horizontal e a altura do salto, uma vez que, se duplicarmos a

velocidade horizontal não duplicamos a altura do salto. A partir disso, Cheng e Huang (2008) especularam que existiria uma velocidade ótima para uma maior altura do salto. De acordo com Saunder (1980) essa velocidade de aproximação seria entre 50 e 60 por cento da velocidade máxima de *Sprint* desse atleta.

Forthomme *et al.* (2005) correlacionaram a velocidade horizontal de jogadores com a velocidade da bola após arremate e o tempo de voo, e encontraram valores de  $r=0,51$  ( $p < 0,02$ ) e  $r=0,44$  ( $p < 0,05$ ) respectivamente. No estudo de Wagner *et al.* (2009) foram encontradas correlações significativas entre a velocidade horizontal máxima e altura do salto ( $r=0,71$   $p < 0,002$ ). Por outro lado, Vint e Hinrichs (2004) não encontraram correlações significativas entre a velocidade de aproximação e altura do salto. Esses, resultados foram semelhantes aos relatados por Hsieh e Christiansen (2010) e Sheppard *et al.* (2007).

O Estudo de Khayambashi (1977) indicou que o número de passos da corrida de aproximação resulta em diferentes altura do salto em jogadores de voleibol. Entretanto, Hsieh, Cascarina e Pingatore (2010) avaliaram as diferentes técnicas da corrida de aproximação no *Step Close* (quatro passos e um passo) em atletas do sexo feminino. Os resultados mostraram que a corrida de aproximação utilizando quatro passos obteve maior impulso horizontal de frenagem em relação a corrida com apenas um passo apresentando diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) e que a corrida de aproximação utilizando quatro passos apresentou maior velocidade horizontal que um passo ( $p=0,03$ ). No entanto, não houve correlação significativa entre as velocidade horizontal das corridas de aproximação com a altura do salto ( $r=0,13$ ).

#### 2.1.2.2 A Fase de impulsão

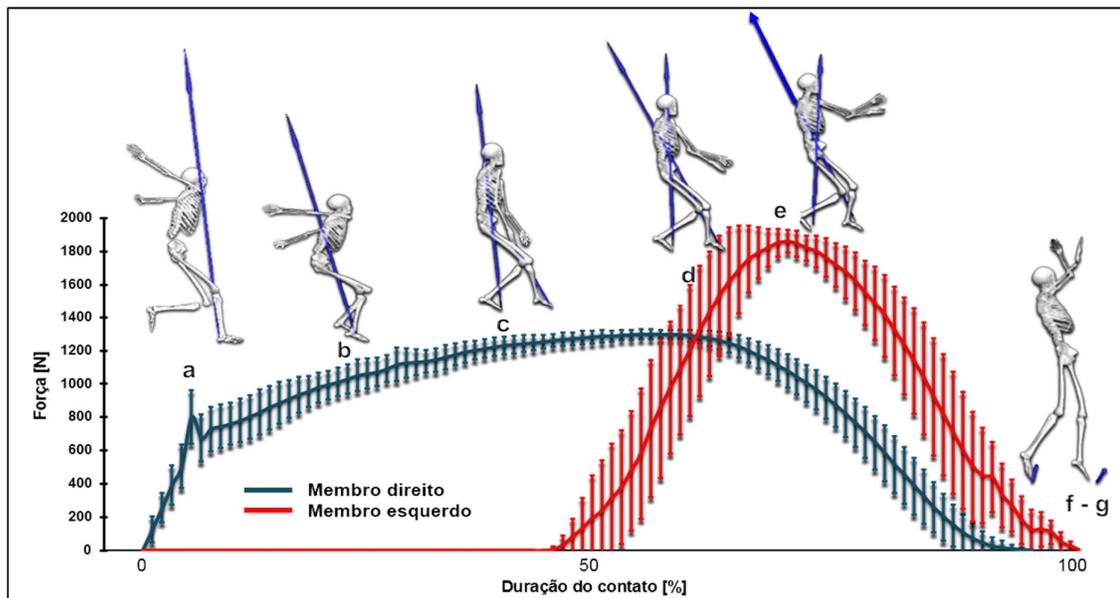
A fase de impulsão inicia com o primeiro contato de um dos membros inferiores do indivíduo no solo e termina quando inicia a fase de voo. Nesse primeiro contato com o solo é medida a velocidade vertical no início da impulsão do salto de ataque, que representa a velocidade vertical de queda do CG do indivíduo. O primeiro membro que toca no solo, além de ser o responsável pela frenagem do movimento, apresenta maior tempo de contato com o solo, sendo o primeiro a atingir a extensão máxima na articulação do joelho, em relação ao outro membro

(WAGNER *et al.*, 2009). Nesse instante, o indivíduo deverá amortecer essa queda por meio de uma ação excêntrica dos músculos extensores do quadril, joelho e flexores plantar do tornozelo. Nesse primeiro contato, a primeira parte do pé a tocar no solo é o retro pé (calcanhar). A força vertical ( $F_z$ ) apresenta um pico passivo (SEYFARTH *et al.*, 1999) que é semelhante durante a execução de saltos em profundidade (HATZE, 1988) (gráfico 2 – a). Quando o pé apoia por inteiro no solo (gráfico 2 – b), a força desse membro continua crescente, enquanto o CG chega na posição mais baixa durante a execução do salto. Nesse instante é finalizado o impulso de frenagem, dando início a fase de impulso de aceleração (GUTIÉRREZ-DÁVILA, CAMPOS; NAVARRO, 2006) o duplo apoio inicia quando, instantes depois, o segundo membro toca o solo (gráfico 2 – c) inicia (REN; JONES; HOWARD, 2008).

Segundo Gutiérrez-Dávila, Campos e Navarro (2006) a participação no impulso de frenagem desse segundo membro a tocar o solo é menor que do primeiro, no entanto, como já iniciou o impulso de aceleração, os valores de  $F_z$  são maiores que os de frenagem. O impulso de aceleração inicia na posição mais baixa do CG, e vai até a o início da fase de voo. No impulso de aceleração, os membros inferiores iniciam uma rápida contração concêntrica dos músculos extensores do quadril, joelho e flexores plantares do tornozelo. No instante em que as  $F_z$  de ambos os membros têm valores semelhantes (GRÁFICO 2 – d) os membros superiores já ultrapassam a linha do tronco no plano frontal realizando flexão do ombro. Na sequência desse movimento ocorre o pico da  $F_z$  do segundo membro (GRÁFICO 2 – e), a velocidade angular de flexão do ombro chega ao seu valor máximo (COLEMAN; BENHAM; NORTHCOTT, 1993).

Hussain, Mohammad e Khan (2013) sugerem que os indivíduos deveriam aumentar a amplitude do movimento de extensão e flexão dos braços contribuindo assim, para o aumento do impulso. Na decolagem, os indivíduos podem perder o contato dos pés com o solo de forma alternada, sendo o mais comum, quando os pés decolam em simultâneo (TILLMAN; HASS, 2004). As diferenças no tempo entre a decolagem dos membros inferiores de até 0,131 s caracterizam uma decolagem simultânea dos membros inferiores (GUTIÉRREZ-DÁVILA; CAMPOS; NAVARRO, 2006). O gráfico 2 mostra a descrição dos pontos chave das curvas de FRS vertical de um salto de ataque.

**Gráfico 2** – Descrição dos instantes de um típico salto de ataque.



Fonte: Elaboração própria. As barras verticais representam o desvio padrão. Legenda: a= a perna direita toca o solo, b= todo o pé entra em contato com o solo, c= Pico de força passivo da perna de esquerda e o início da fase de duplo apoio, d = valores similares de FRS nos dois membros, e= pico de FRS da perna esquerda, f – Início da fase aérea da perna direita, g – Início da fase aérea da perna esquerda.

## 2.2 A cinemetria na avaliação do salto de ataque.

No salto de ataque, a cinemetria baseia-se na determinação das variáveis de influência do desempenho, tais como: velocidades de pontos de interesse, ângulos e velocidades angulares de membros superiores (TANT; GREENE; BERNNARDT, 2002; HUSSAIN; MOHAMMAD; KHAN, 2013) e membros inferiores (SHAHBAZI; MIRABEDI; GAEINI, 2007; KENSAKU *et al.*, 1999; TILP; WAGNER; MÜLLER, 2008), bem como, parâmetros temporais (COLEMAN, 1997; LIU *et al.*, 2008). No entanto, esses estudos tiveram como objetivo relacionar essas variáveis com o critério de desempenho, os quais são apresentados nas tabelas 1 e 2 para atletas femininos e masculinos respectivamente.

**Tabela 1.** Desempenho do salto de ataque em atletas femininos.

<b>Autor / Ano</b>	<b>Critério de desempenho</b>	
Jogadoras de voleibol	$V_{off}$ (m/s)	$h_{max}$ (cm)
Ridgway e Hamilton (1991)	3,05 ( $\pm 0,21$ )*	51,6
Chen e Huang (1999)	2,84 ( $\pm 0,19$ ) <sup>¥</sup>	33,7
Ciapponi e Hudson (2008)	2,69 ( $\pm 0,2$ )*	36,8
	2,60 ( $\pm 0,3$ ) <sup>¥</sup>	34,4
Vint e Hinrichs (2004)	3,3 ( $\pm 0,7$ )*	55,5
Buško <i>et al.</i> (2012)	3,02	46,5 ( $\pm 0,05$ ) £
	3,12	49,4 ( $\pm 0,05$ ) §
	3,07	47,9 ( $\pm 0,05$ ) ¢
Ferris <i>et al.</i> (1995)	3,21	52,4 ( $\pm 6,0$ ) *
Nesser e Demchak (2007)	3,27	54,4 ( $\pm 3,9$ ) *

Fonte: Elaboração própria. Em relação ao nível de proficiência dos atletas: \* = atletas de elite, ¥ = escolares, £ = cadetes, § =júnior, ¢= sênior. Legenda:  $V_{off}$ = velocidade de decolagem,  $h_{max}$ =elevação máxima do CG.

**Tabela 2.** Desempenho do salto de ataque em atletas masculinos.

<b>Autor / Ano</b>	<b>Critério de desempenho</b>	
Jogadores de voleibol	$V_{off}$ (m/s)	$h_{max}$ (cm)
Coleman, Benham e Northcott (1997)	2,77 ( $\pm 0,35$ ) *	39
Huang, Liu e Sheu (1999)	3,79 ( $\pm 0,43$ ) *	73
Huang <i>et al.</i> (2002)	3,03	46,6 ( $\pm 10,3$ ) *
Forthomme <i>et al.</i> (2005)	3,33	56,5 ( $\pm 4,6$ ) *
	3,2	51,2 ( $\pm 2,3$ ) *
Tilp, Wagner e Müller (2008)	3,60	67,7 ( $\pm 5,7$ ) *
Wagner, <i>et al.</i> (2009)	3,59	67 ( $\pm 0,07$ ) *
Kuhlmann, Roemer e Milani (2011)	3,50	63,2 ( $\pm 6,2$ )*
Hussain, Mohammad e Khan (2013)	3,6	66 ( $\pm 0,09$ ) ¢
	3,06	47 ( $\pm 0,19$ ) <sup>¥</sup>
Buško, Szulc e Kamiński (2015)	3,6	60,8 ( $\pm 5,7$ ) *
Hsieh e Zachary (2015)	2,8	40 cm ( $\pm 1,2$ ) <sup>¥</sup>

Fonte: Elaboração própria. Em relação ao nível de proficiência dos atletas: \* = atletas de elite, ¥ = escolares, ¢= sênior. Legenda:  $V_{off}$ = velocidade de decolagem,  $h_{max}$ =elevação máxima do CG.

### 2.2.1 Avaliações em cinemetria e aplicação de modelos antropométricos.

Na avaliação do salto de ataque, uma das variáveis de influência mais utilizadas é o deslocamento do CG do corpo (CIAPPONI; HUDSON, 2000; HUSSAIN; MOHAMMAD; KHAN, 2013). Como a posição do CG não pode ser medida diretamente, para estimar a posição do CG do corpo é necessário implementar um modelo antropométrico composto por um determinado número de segmentos corporais. Cada segmento corporal por sua vez é delimitado por referências anatômicas proximais e distais (ROBERTSON; GORDON, 2014). A partir da avaliação em cadáveres após o fracionamento do corpo (MELO; SANTOS, 2000) é possível determinar a posição do centro de massa de cada segmento e relacionar sua posição a uma distância entre essas referências anatômicas proximais e distais (CLAUSER; McCONVILLE, 1969). Após determinar esses parâmetros é determinada a massa de cada segmento em relação ao corpo inteiro. Dessa forma, se a localização do CG de cada segmento é conhecida torna-se possível estimar a posição do CG do corpo inteiro (RABUFFETTI; BARONI, 1999).

Nessa metodologia, o modelo antropométrico mais utilizado e citado na literatura foi desenvolvido por *Dempster* (VIRMAVIRTA; ISOLEHTO, 2014). O modelo antropométrico de *Dempster* definiu os parâmetros dos segmentos corporais de forma direta em cadáveres (DEMPSTER; GAUGHRAN, 1967), porém, os valores foram estimados utilizando apenas espécimes masculinos, caucasianos e não atletas, dificultando a aplicação desses parâmetros para outras populações (ROBERTSON; GORDON, 2014). Isso poderia gerar imprecisões na determinação da localização do CG e por consequência, no cálculo de sua velocidade.

A aplicação desse modelo em indivíduos do sexo feminino poderia levar também a diferenças na localização do CG, pois, além da estatura, a distribuição de massa magra e de gordura corporal são diferentes entre homens e mulheres (ZATSIORSKY; SELUYANOV; CHUGUNOVA, 1990). Nesse sentido, os atletas de voleibol podem apresentar diferenças na composição corporal e no biótipo em relação ao seu posicionamento no jogo (GONZALEZ-RAVE *et al.*, 2011; MIELGO-AYUSO *et al.*, 2015). Isso poderia gerar diferenças na posição do CG e por consequência, na velocidade de decolagem.

Foram encontradas diferenças na posição vertical do CG utilizando o modelo antropométrico de *Dempster* em diferentes grupos de pessoas ativas (VIRMARINA; ISOLEHTO, 2014). Certamente isso ocorreu porque se as variações nos valores da composição corporal influenciam nos parâmetros inerciais dos segmentos e por consequência, isso influenciaria n posição do CG.

Outra limitação ao implementar de modelos antropométricos é que estes assumem que o corpo humano é composto de segmentos rígidos negligenciando o movimento de tecidos moles (GÜNTHER *et al.*, 2003). A determinação de cada segmento se dá por marcadores externos fixados na pele em determinados acidentes ósseos. Durante a execução de movimentos esses marcadores podem mover-se um em relação ao outro ocasionando possíveis imprecisões na determinação do comprimento dos segmentos (TSAI *et al.*, 2009).

No salto de ataque, vários estudos utilizam modelos antropométricos baseados nos parâmetros corporais definidos por *Dempster* (RIDGWAY; HAMILTON,1991; CHEN; HUANG, 1999; TILP; WAGNER; MÜLLER, 2008; WAGNER *et al.*, 2009), porém, em alguns casos, os autores sequer esclarecem qual o modelo ou a metodologia utilizada para estimar a posição e velocidade do CG (MARQUEZ *et al.*, 2007; SHAHBAZI, MIRABEDI GAEINI, 2007; HUSSAIN; MOHAMMAD; KHAN, 2013). No entanto, a literatura não esclarece qual a confiabilidade e acurácia ao utilizar esse procedimento durante a realização do salto de ataque. Todavia, na avaliação da velocidade do CG utilizando modelos antropométricos tem sido amplamente utilizados na avaliação de saltos (BOBBERT *et al.*, 1986; HUANG *et al.*, 2002). O quadro 1 mostra as avaliações e os modelos antropométricos utilizados na avaliação do salto de ataque.

**Quadro 1.** Métodos de medição e modelo antropométrico na análise do salto de ataque.

<b>Autores</b>	<b>Métodos de medição</b>	<b>Modelo antropométrico</b>
Buško <i>et al.</i> (2012)	Dinamometria (PF)	–
Buško <i>et al.</i> (2015)	Dinamometria (PF)	–
Bisseling <i>et al.</i> (2013)	Cinemetria 3D e Dinamometria	–
Chen e Huang (1999)	Cinemetria (3D)	Dempster (1955)
Coleman (1997)	Cinemetria (3D)	Plagenhoef (1971)
Gutiérrez-Davila, Campos e Navarro (2006)	Cinemetria 2D e Dinamometria	Zatsiorsky e Seluyanov (1983)
Huang, Liu e Sheu (1999)	Cinemetria (3D)	Dempster (1955)
Huang <i>et al.</i> (2002)	Dinamometria (NS)	Dempster (1955)
Hsieh e Christiansen (2010)	Cinemetria 2D	Clauser e McConville (1969)
Hussain, Mohammad e Khan (2013)	Cinemetria 2D	Não informado
Kuhlmann, Roemer e Milani (2011)	Cinemetria 3D	Hanavan (1964)
Lawson <i>et al.</i> (2006)	Cinemetria 3D e Dinamometria	–
Lobietti e Coleman (2013)	Cinemetria 3D	Não informado
Marquez <i>et al.</i> (2007)	Cinemetria 3D	Não informado
Ridgway e Hamilton (1991)	Cinemetria (2D)	Richards e Wilkerson (1984)
Sattler <i>et al.</i> (2012)	Altura do salto (TV)	–
Shahbazi, Mirabedi e Gaeini (2007)	Cinemetria 2D	Não informado
Tilp, Wagner e Müller (2008)	Cinemetria 3D	Dempster (1955)
Tokuyama <i>et al.</i> (2005)	Cinemetria 3D (NS)	–
Wagner <i>et al.</i> (2009)	Cinemetria 3D	Dempster (1955)

Fonte: Elaboração própria. Legenda: NS=não verificou nenhum critério de desempenho; PF= uso de plataforma de força; TV=  $h_{max}$  calculada pelo tempo de voo.

Alguns estudos avaliaram o deslocamento do CG, sem a implementação de um modelo antropométrico de corpo inteiro. Erdmann e Kowalczyk (2015) determinaram a posição do CG a partir de um valor proporcional à estatura do indivíduo, enquanto que Lawson *et al.* (2006) aplicaram modelos antropométricos simplificados utilizando apenas os membros inferiores, Ranavolo *et al.*, (2008) utilizaram o CG do segmento da pelve e Sheppard *et al.* (2011) assumiram que o CG é um marcador fixo na região do sacro.

As tentativas de simplificar os modelos antropométricos diminuindo o número de marcadores ocorrem por razões relacionadas ao risco dos marcadores serem ocluídos ou confundidos pelas câmeras durante a coleta (FORSELL; HALVORSEN, 2009). Com muitos marcadores fixados ao corpo, aumenta também a probabilidade desses pontos caírem durante a execução de movimentos rápidos, bem como, um possível efeito negativo durante a execução do movimento (RANAVOLO *et al.*, 2008). Outra questão a ser considerada é que para reconstruir um segmento são necessários no mínimo três marcadores afixados à pele, isso significa que, um modelo de corpo inteiro com quatorze segmentos necessita no mínimo de quarenta e dois marcadores afixados ao corpo, o que torna o processo de fixação dos marcadores no indivíduo bastante demorado. As estratégias de adotar um modelo antropométrico simplificado são comuns durante a avaliação da marcha humana (THIRUNARAYAN *et al.*, 1996; GARD; MIFF; KUO, 2004), todavia, pouco aplicada em tarefas de saltos.

Rabuffetti e Baroni (1999) compararam a posição do CG durante a execução de salto com contramovimento calculados por dois procedimentos utilizando a cinemetria e a sua validade em relação ao teorema impulso-momento. Os modelos antropométricos simplificados foram: Um modelo antropométrico composto por 16 segmentos baseado nos parâmetros inerciais de Zatsiorsky e Seluyanov (1983) e o outro, um modelo antropométrico simplificado assumindo que o CG é o segmento da pelve. Os autores relataram haver uma maior acurácia do modelo de corpo inteiro em relação ao modelo antropométrico simplificado.

A partir disso, Halvorsen *et al.* (2009) estimaram a trajetória do CG durante a corrida usando um modelo com treze segmentos e trinta e seis marcadores fixados à pele. Esses autores compararam este modelo com outras dez opções, na qual era o mesmo modelo, apenas diminuindo o número de marcadores, até chegar a um único

marcador no sacro. Os resultados mostraram que, um modelo com até dez marcadores mostrou uma razoável acurácia, em comparação ao modelo de de corpo inteiro, enquanto que os piores valores ocorreram quando foi utilizado apenas um marcador no sacro.

O estudo de Vanrenterghem *et al.* (2010) mediu o deslocamento do CG em saltos horizontais nas direções anteroposterior e médio-lateral comparando o deslocamento do CG estimado pelo modelo de Dempster (1955) de corpo inteiro com o 4 modelos: dois parciais, utilizando apenas o membro inferior, membro inferior em conjunto com o tronco, e dois utilizando apenas um marcador na espinha iliaca posterior e no processo espinhoso da oitava vertebra toracica. Esses autores relataram que utilizar apenas o membro inferior mostrou baixa concordância e acurácia em comparação ao modelo de Dempster, porém, maior que utilizar apenas um marcador na pelve.

Ranavolo *et al.* (2008) verificaram as diferenças entre o teorema impulso-momento, e a cinematria utilizando um modelo com 6 segmentos (pelve, membros inferiores e tronco cabeça e membros superiores como único segmento) e dois modelos antropométricos simplificados utilizando o centro de massa da pelve e um marcador no sacro. Esses autores compararam o deslocamento vertical do centro de massa durante a fase de aterrissagem na execução de salto com contramovimento sucessivos em diferentes frequências (variando entre 1,2 e 3,2 Hz). Os resultados mostraram que o teorema impulso-momento e a cinematria fornecem os resultados mais precisos para o deslocamento do CG em todas as frequências de salto em relação aos modelos antropométricos simplificados.

Assim verificamos que os procedimentos para estimar a localização do CG, com a implementação de modelos antropométricos simplificado têm demonstrado uma diminuição na acurácia dos valores de deslocamento do CG, à medida que os números desses marcadores diminuem, no entanto, em alguns estudos, apresentaram validade com o teorema impulso-momento ao utilizar um único marcador durante a execução de saltos. A partir disso surge a necessidade de verificar a validade e acurácia entre as velocidades do CG utilizando a cinematria implementado por um, modelo antropométrico simplificado utilizando um marcador fixado na pelve com o teorema impulso-momento durante os saltos que iniciam em

uma posição estática, e a partir disso a aplicação de modelos antropométricos simplificados, durante a execução do salto de ataque. Esse tipo de abordagem ainda não foi investigada na literatura.

### 2.3 Avaliações cinéticas no salto de ataque

Na avaliação cinética, o deslocamento do CG pode ser estimado por forças externas utilizando plataformas de forças (SHIMBA, 1984). Quanto a avaliação das variáveis de influência durante a execução do salto de ataque, alguns estudos têm dado relevância principalmente a ocorrência das lesões mais comuns no voleibol (RICHARDS *et al.*, 2002; CRONIN, BRESSEL e FINN, 2008; BISSELING *et al.*, 2013; COLEMAN e LOBIETTI, 2013).

Em relação a avaliação das variáveis de influência voltadas para o rendimento, um dos primeiros estudos com o objetivo verificar o desempenho por meio da FRS foi o de Coutts (1982) que comparou o impulso em duas técnicas no salto de ataque (*Step Close* e *Hop Jump*). Esse autor relatou não haver diferenças significativas na altura do salto nessas formas de execução. Resultados esses, semelhantes encontrados por Huang *et al.* (2002).

Buško *et al.* (2012) mediram a potência dos membros inferiores e altura do salto em jogadoras de voleibol de diferentes categorias. Esses autores verificaram valores semelhantes para a potência máxima em diferentes categorias. Em relação à idade, só foram observadas diferenças na potência normalizada da força vertical ( $p < 0,05$ ). Nos estudos citados acima, a altura do salto foi calculada pelo tempo de voo.

O estudo de Lawson *et al.* (2006) avaliaram as diferenças durante a execução do salto com contramovimento e *Step Close*. Esses autores verificaram as diferenças na FRS entre o primeiro e o segundo membro a aterrissar na plataforma de força na execução do *Step Close*. Os resultados encontrados nesse estudo mostraram que as diferenças da FRS entre os membros durante a execução do *Step Close*, estavam presentes durante a execução do salto com contramovimento. Isso, segundo os autores ocorreria devido ao *Step Close* ser uma ação tipicamente assimétrica e por conta da repetição desse gesto técnico durante treino e jogos, essa assimetria poderia se manter mesmo em tarefas simétricas. No entanto, para o

desempenho, os autores utilizaram um dispositivo em que o indivíduo tinha que alcançar um ponto mais alto.

O estudo de Gutiérrez-Dávila, Campos e Navarro (2006) detalharam as FRS nas fases de impulso de frenagem e de aceleração nos estilos *Step Close* e *Hop Jump*. Os autores concluíram que, o tempo de atraso do segundo membro não afeta o impulso de aceleração e que talvez não houvesse qualquer vantagem entre esses dois estilos na altura do salto. No entanto, esses autores não relacionaram nenhuma dessas variáveis ao desempenho.

O estudo de Buško, Szulc e Kamiński (2015) esses autores compararam testes de campo em que altura do salto era calculada pela diferença da altura do CG em posição estática e no ponto mais alto da fase aérea e com o teorema impulso-momento em jogadores de voleibol durante a execução do salto de ataque. Os resultados mostraram que os testes de campo superestimaram significativamente os resultados, em comparação a execução de um salto de ataque sobre uma plataforma de força. No entanto, esses autores não esclarecem como foram executados os cálculos para a avaliação da velocidade de decolagem ao utilizar a plataforma de força durante a execução do salto de ataque.

Desta forma é possível verificar que na avaliação cinética do salto de ataque a literatura tem dado ênfase a dois objetivos principais: a prevenção de lesões e a avaliação das variáveis de influência no desempenho. Todavia, no salto de ataque, não foram relatados estudos sobre a assimetria bilateral e sua relação com o desempenho. No entanto, para que isso seja avaliado é preciso antes resolver, um problema metodológico. Como o salto de ataque é precedido por uma corrida de aproximação, com uma fase de voo antes da fase de impulsão, quando o primeiro membro toca o solo, a velocidade no início do impulso é diferente de zero. Porém, a velocidade no início do impulso só pode ser medida pelo cinematria, com a aplicação de um modelo antropométrico. Desta forma, para o cálculo da velocidade de decolagem e altura do salto no salto de ataque é necessário utilizar procedimentos combinados utilizando a velocidade no início do impulso calculada pela cinematria e a alteração da velocidade vertical calculada pela cinética. Assim, para o cálculo da velocidade de decolagem de um salto de ataque é necessário aplicar a equação 1, proposta por Baca (1999) para o salto em profundidade.

$$V_{off} = V_{on} + \int_{t_i}^{t_o} (F_z(t) - mg) dt/m \quad (1)$$

Onde:  $V_{on}$  = A velocidade vertical no início do impulso;  $F_{GRF}$  é a força de reação do solo vertical;  $m$  = massa do indivíduo e  $g$  a aceleração da gravidade.

Como não existem estudos no salto de ataque, que verificaram a confiabilidade e acurácia ao utilizar a cinemetria implementado por um modelo antropométrico é preciso verificar com qual acurácia a cinemetria calcula a velocidade no início do impulso. Assim, para estimar a acurácia e a validade da cinemetria ao calcular a velocidade no início do impulso foram comparadas as velocidades do CG, em saltos na qual a velocidade inicial é igual a zero, como por exemplo o salto com contramovimento e salto com contramovimento com o auxílio dos membros superiores.

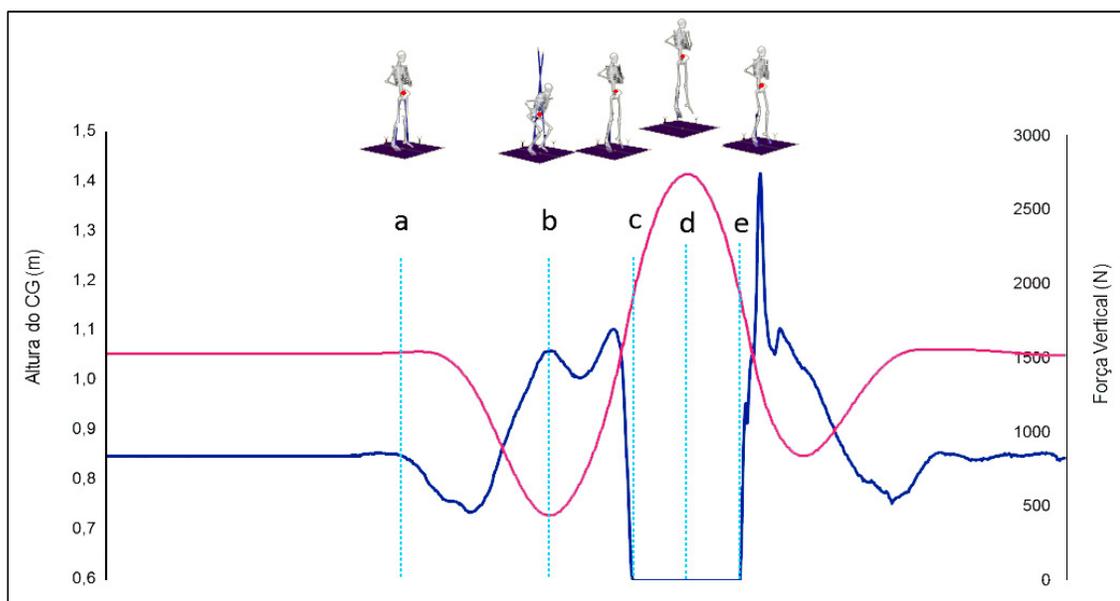
A confiabilidade alta em conjunto com a acurácia e validade entre a velocidade do CG calculada pela cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro, com a velocidade do CG calculada pelo teorema impulso-momento, na execução dos saltos que iniciam em uma posição estática seria possível testar se o procedimento combinado pode ser aplicado no salto de ataque. A utilização de procedimentos combinados para a análise do salto de ataque, até o presente momento ainda não foi investigada na literatura.

#### 2.4 Os saltos que iniciam em uma posição estática

Os saltos verticais são um requisito de desempenho em muitos esportes (MCERLAIN-NAYLOR; KING; PAIN, 2014). Um salto vertical elevado contribui para o desempenho atlético bem-sucedido no voleibol (KIM; KIM, 2011) e são frequentemente utilizados no voleibol como avaliação (DELCORE *et al.*, 1998; SHEPPARD *et al.*, 2011). Os salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores se caracterizam pela ação descendente no início do movimento em que há uma flexão dos joelhos e quadris, então imediatamente e de forma vigorosa uma extensão dessas articulações para saltar verticalmente (LINTHORNE, 2001) realizando um ciclo de alongamento – encurtamento de longa duração (BOBBERT *et al.*, 1996).

O salto com contramovimento inicia a partir da diminuição da força de reação do solo abaixo do peso corporal, dando início a fase descendente (VAVERKA *et al.*, 2016). Nessa fase existe uma ação excêntrica dos músculos envolvidos no movimento do salto resultando numa diminuição da altura do CG finalizando essa fase, quando este chegar ao ponto mais baixo no salto. A partir dessa posição, dá início a fase ascendente. A FRS aumenta à medida que há uma ação concêntrica dos músculos envolvidos no salto o que leva ao aumento da altura do CG. Essa fase que termina quando o indivíduo perde o contato com o solo e inicia a fase de voo. Ao final da fase de voo o indivíduo aterriza aproximadamente no mesmo local de decolagem. O gráfico 3 mostra as fases em um salto com contramovimento.

**Gráfico – 3:** Força de reação do solo e deslocamento do CG durante o salto com contramovimento.



Fonte: Elaboração própria. Em vermelho o deslocamento vertical e em azul a força vertical. Os instantes do salto são definidas como: a= posição inicial; b= ponto mais baixo do CG no SCM; c= decolagem; d= ponto mais alto do SCM; e=aterrissagem. As fases são: a – b= fase excêntrica; b – c= fase Concêntrica; fase c – e= fase de voo.

### 2.4.1 Procedimentos para estimar o desempenho de um salto

O principal critério de desempenho em saltos verticais é a elevação máxima do CG (SHEPPARD *et al.*, 2011; BISSELING *et al.*, 2013; DOMIRE; CHALLIS, 2015). A elevação máxima pode ser calculada partir da velocidade de decolagem ao aplicar a equação 2 da aceleração uniforme de acordo com Moir (2008).

$$\Delta h_{max} = \frac{(V_{off})^2}{2g} \quad (2)$$

Onde:  $\Delta h_{max}$  é a elevação máxima do CG;  $V_{off}$  é a velocidade vertical do CG no instante de decolagem e  $g$  = aceleração da gravidade.

Existem dois principais procedimentos para calcular a velocidade de decolagem de um salto, a cinematria e o teorema impulso-momento. Na cinematria é possível calcular a velocidade de decolagem pela duração da fase de voo (LINTHORNE, 2001). O tempo de voo calcula a velocidade de decolagem a partir da duração da fase entre a decolagem e a aterrissagem e assumem que a altura do CG no instante da decolagem é o mesmo no instante da aterrissagem. A velocidade de decolagem calculada pelo tempo de voo é calculada pela equação 3.

$$V_{off} = \frac{g \times \text{tempo de voo}}{2} \quad (3)$$

Onde: tempo de voo (em segundos) é o instante entre a decolagem até a aterrissagem e  $g$  = aceleração da gravidade.

Os estudos que compararam a altura do salto calculada pelo tempo de voo ao teorema impulso-momento apresentaram diferenças significativas na altura do salto (CASTAGNA *et al.*, 2013; DIAS *et al.*, 2011). Isso ocorreu porque esse procedimento assume que a posição vertical do CG seria a mesma no momento da decolagem e da aterrissagem.

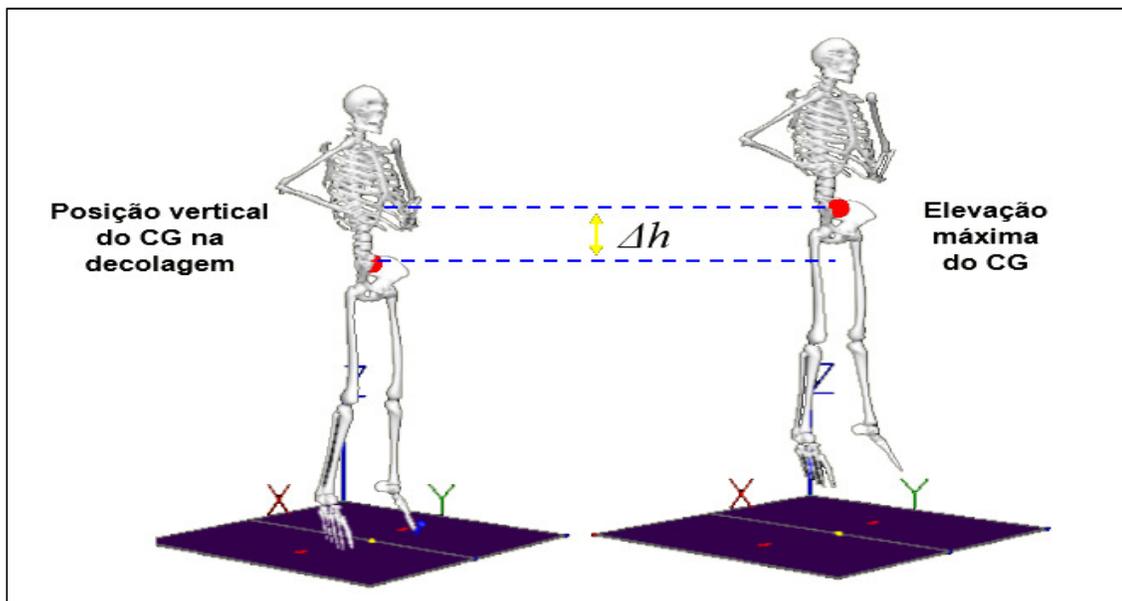
Em alguns estudos a altura do salto é calculada a partir da diferença entre a posição mais elevada do CG com a altura do CG no instante de decolagem (RANAVOLO *et al.*, 2008) (FIGURA 3). A Equação 4 mostra o cálculo para verificar a altura do salto por esse procedimento.

$$h_{max} = CG_{max} - CGV_{off}. \quad (4)$$

Onde:  $CG_{max}$  é a posição mais alta do CG durante a fase de voo, e  $CGV_{off}$  é a posição do CG no instante de decolagem.

Medir a altura do salto por esse procedimento, não necessita de cálculos mais sofisticados e tem sido utilizado na avaliação de jogadores de voleibol (COLEMAN; BENHAM; NORTHCOTT, 1997; WAGNER *et al.*, 2009), no entanto, o mesmo princípio da diferença entre as posições dos segmentos corporais no momento da decolagem e aterrissagem pode ocasionar imprecisões no cálculo da altura do salto. Essa estimativa da posição do CG é dada pela cinemetria implementada por um modelo antropométrico, na qual suas aplicações e limitações já foram discutidas no item 2.3.1.

**Figura 3** – Posição do CG a decolagem e elevação máxima do CG no salto com contramovimento.



Fonte: Elaboração própria. Legenda:  $\Delta h$ = variação da altura do CG.

Nos saltos que iniciam em uma posição estática ao utilizar a plataforma de força para o cálculo do desempenho é utilizado o procedimento baseado no teorema impulso-momento. Esse procedimento baseia-se na integração numérica da série temporal da força vertical, durante a impulsão iniciando quando o saltador está

estacionário  $t_0 = 0$  até o instante  $t_i$  que é a decolagem de acordo com Linthorne (2001) na equação 5.

$$\int_{t_i}^{t_0} (F_{GRF} - mg) dt = m v_{t_0} \quad (5)$$

Onde:  $F_{GRF}$  é a força de reação do solo vertical;  $m$  = massa do indivíduo e  $g$  a aceleração da gravidade.

A curva força-tempo ao ser integrada representa o impulso. A partir do impulso pode ser calculada a alteração da velocidade. A área abaixo da curva é proporcional à alteração da velocidade vertical do CG, se a velocidade inicial for zero, a alteração da velocidade representa a velocidade final e a partir disso, pode ser calculada a velocidade de decolagem. O teorema impulso-momento é o procedimento mais preciso para determinar a altura do salto (LINTHORNE, 2001; STREET, 2001) e ainda, não necessita a implementação de nenhum modelo antropométrico. A plataforma de força é o instrumento que; apresenta maior acurácia quando comparado ao uso de tapete de contato (HATZE, 1998) além de não exigir a padronização das posturas no início e no final da fase de voo. Desta forma, a cinemetria apresenta limitações em sua aplicação por implementar modelos antropométricos baseado em corpos rígidos ou assumir que as posturas durante a decolagem e aterrissagem são as mesmas. O teorema impulso-momento é considerado como referência na avaliação de saltos comparado a cinemetria.

## 2.5 Os saltos com contramovimento com e sem auxílio dos membros superiores

As avaliações em jogadores de voleibol os saltos com contramovimento com e sem auxílio dos membros superiores são bastante utilizadas para verificar a proficiência desses jogadores no salto (ZIV; LIDOR, 2010). Esses saltos também fazem parte da rotina de testes desses atletas e também são utilizados como forma de verificar possíveis diferenças no desempenho após programas de treinamento (LEPORACE *et al.*, 2013). As avaliações dos saltos com contramovimento com e sem auxílio dos membros superiores, geralmente adotam como critério de

desempenho à altura do salto. A tabela 3 mostra as avaliações do salto com contramovimento em jogadores de voleibol.

**Tabela 3.** Avaliações no salto com contramovimento em Jogadores de voleibol.

salto com contramovimento	Critérios de desempenho	
	Autores	$V_{off}$ (m/s)
De Ruiter <i>et al.</i> (2007)	3,06	47,6 ( $\pm$ 5,8) §
Grgantov, Milic e Katic (2012)	2,32	23,7 ( $\pm$ 2,3) ¥
Hakkinen (1993)	2,47	31,1 ( $\pm$ 1,3) £
Kollias <i>et al.</i> (2004)	2,62	35,0 ( $\pm$ 4,9) *
Maffiuletti <i>et al.</i> (2002)	2,89	42,4 ( $\pm$ 6,0)*
Newton <i>et al.</i> (2006)	2,80	40,0 ( $\pm$ 4,0) §
Ritcher <i>et al.</i> (2012)	2,12	23,0 ( $\pm$ 2,75) ¥
Slomka <i>et al.</i> (2017)	2,71	37,5
Viitasalo (1982)	3,11	49,4 ( $\pm$ 4,3)*

Fonte: Elaboração própria. Em relação ao nível de proficiência dos atletas: \* = atletas de elite, ¥ = escolares, £ = cadetes; § =júnior. Legenda:  $V_{off}$ = velocidade de decolagem,  $h_{max}$ = elevação máxima do CG.

No voleibol, os jogadores utilizam os membros superiores para auxiliar durante a execução do salto aumentando e por consequência altura do salto (HARA *et al.*, 2008). Apesar de apresentar as mesmas fases do salto com contramovimento (FELTNER *et al.*, 1999), o salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores possui como principal diferença o movimento dos membros superiores. No início do movimento, os membros superiores são balançados para trás, em seguida vão para frente em flexão do ombro, com os cotovelos totalmente estendidos. Esse movimento dos membros superiores contribui para o aumento do impulso de aceleração que repercute no aumento do trabalho das articulações dos membros inferiores (LEES; VANRENTERGHEM; DE CLERCQ, 2004).

Na articulação do quadril, o aumento do torque causado pelo contramovimento ocorre predominantemente no início da fase de propulsão (HARA *et al.*, 2008). Os movimentos dos membros superiores influenciam principalmente na metade final da fase de propulsão, sendo responsável pelo aumento na altura do salto de até 38%

em jogadores de voleibol (VAVERKA *et al.*, 2016). O salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores apresentam diferenças principalmente na velocidade de decolagem (LUHTANEN; KOMI, 1978; SHETTY; ETNYRE, 1989; HARMAN *et al.*, 1990), que pode resultar em um aumento da altura do salto entre 28 e 54% (BLACHE; MONTEIL, 2013). Outros estudos têm verificado a influência do movimento dos membros superiores no impulso, na velocidade de decolagem e na altura do salto. Feltner *et al.* (2002) relatam que os maiores valores de velocidade de decolagem nos salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores são resultado de uma maior duração da fase propulsiva e não da aplicação de maiores FRS. Sob o ponto de vista da influência dos membros superiores em cada fase, existe uma diminuição no tempo da fase descendente e um aumento no tempo na fase ascendente sem influenciar o tempo total do salto (VARVERKA *et al.*, 2016). A tabela 4 mostra as avaliações do salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores em jogadores de voleibol.

**Tabela 4.** Avaliações no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores em Jogadores de voleibol.

SCMs	Critérios de desempenho		
	Autores	$V_{off}$ (m/s)	$h_{max}$ (cm)
	Grgantov, Milic e Katic (2012)	2,27	26,3 ( $\pm$ 3,6) <sup>¥</sup>
	Barnes <i>et al.</i> (2007)	2,66	36,4 ( $\pm$ 2,5)*
	Ferris <i>et al.</i> (1995)	2,99	45,5 ( $\pm$ 6,8)*
	Gladden e Colacino (1978)	3,12	49,6 ( $\pm$ 6,0)*
	Lee <i>et al.</i> (1989)	3,69	69,3 ( $\pm$ 5,28)*
	Maffiuletti <i>et al.</i> (2002)	3,08	48,1 ( $\pm$ 6,0)*
	Marques <i>et al.</i> (2008)	2,64	35,6 ( $\pm$ 6,28)*
	Spence <i>et al.</i> (1980)	3,11	49,4 ( $\pm$ 5,78)*

Fonte: Elaboração própria. Em relação ao nível de proficiência dos atletas: \* = atletas de elite, ¥ = atletas escolares. Legenda: SCMs= Salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores  $V_{off}$ = velocidade de decolagem,  $h_{max}$ = elevação máxima do CG.

## 2.6 Comparações entre o teorema-impulso momento e a cinemetria na execução dos saltos com contramovimento com e sem auxílio dos membros superiores

A literatura tem apresentado controvérsia quanto ao procedimento que é adotado como referência na avaliação dos critérios de rendimento no salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores. Alguns autores apresentaram como referência a cinemetria com implemento de um modelo antropométrico (LEARD *et al.*, 2007; DIAS *et al.*, 2011; PETUSHEK *et al.*, 2012; PALAZZI; WILLIAMS; BOURDON, 2013). No entanto, a maior parte dos estudos aponta o teorema impulso-momento como referência (CASTAGNA *et al.*, 2013; CHOUKOU; LAFFAYE; TAIAR, 2013; BALSALOBRE-FERNÁNDEZ; GLAISTER; LOCKEY, 2015; YAMAMOTO; MATSUZAWA, 2012; PICERNO, CAMOMILLA; CAPRANICA, 2011).

Alguns estudos verificaram a validade entre o Teorema Impulso-momento e a cinemetria durante a execução desses tipos de saltos. Kibele (1998) encontrou diferenças significativas em relação ao deslocamento do CG durante a execução do salto com contramovimento, com maiores valores de altura do salto calculados pela cinemetria demonstrando que, esses procedimentos não possuem concordância. Segundo este autor, isso ocorreu porque na cinemetria, quando se utiliza um modelo antropométrico, assume-se que os segmentos são rígidos, assim, os movimentos da coluna vertebral são negligenciados (LARIVIERE; GAGNON, 1999). Com isso, uma alteração da postura do indivíduo, no momento da aterrissagem em relação à decolagem poderia resultar em um aumento do tempo de voo. O tempo maior da fase de voo até a aterrissagem acaba superestimando o cálculo da altura do salto (KIBELE, 1998).

Como em 2D, o segmento do tronco é delimitado por uma linha reta entre os pontos do ombro e quadril (LEVA, 1996), ao flexiona-lo durante a fase descendente do salto com contramovimento ocorre uma aproximação entre esses pontos e uma “diminuição” do comprimento desse segmento. Isso leva o CG a uma posição mais baixa, quando comparada ao teorema impulso-momento. Da mesma forma, no momento em que o indivíduo chega na posição de decolagem, a extensão do tronco promove um aumento da distância entre esses pontos para valores maiores que na posição estática elevando mais a posição do CG. Essa maior amplitude do CG

superestima a quantidade de deslocamento por consequência a velocidade de decolagem. Além disso, no modelo antropométrico de *Dempster*, esse segmento corresponde a cerca de 49% da massa corporal total (DEMPSTER, 1955), logo, sua influência na posição e deslocamento do CG é considerável.

Aragón-Vargas (1996) relatou diferenças significativas entre a cinemetria e o teorema impulso-momento no cálculo da altura do salto ( $p < 0.01$ ) no salto com contramovimento. Os valores calculados pela cinemetria e foram cerca de 1,59 cm menores, no entanto, apresentaram valores confiabilidade e valores de correlação muito altos ( $r=0,97$ ), como o coeficiente de determinação de  $r^2=0,98$ , demonstrando que os procedimentos são válidos.

Dias *et al.* (2011) verificaram a validade concorrente entre três procedimentos, a cinemetria, o teorema impulso-momento e pelo tempo de voo no cálculo da altura do salto. Esses autores encontraram diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) entre altura do salto obtida pela cinemetria (definido pelos autores como o procedimento de referência) comparado com o teorema impulso-momento. As diferenças entre os resultados obtidos foram de 1,48 cm, enquanto que, ao utilizar o tempo de voo a diferença foi de 10,3 cm em comparação ao teorema impulso-momento. Esses autores explicaram as diferenças na altura do salto entre esses procedimentos pelas alterações posturais durante os instantes de decolagem e aterrissagem do salto com contramovimento. No entanto, relataram um coeficiente de determinação muito alto ( $r^2=0,98$ ) e concordância entre os procedimentos.

O estudo de Palazzi, Williams e Bourdon (2013) comparou a posição vertical do CG calculada pelo teorema impulso-momento e a cinemetria, em cinco instantes, durante a execução do salto com contramovimento no início do movimento, no ponto mais baixo do CG, no instante de decolagem e quando atingia altura máxima do salto. Esses autores encontraram uma diferença menor que 1 cm na posição do CG em todos os instantes, com maior variação no início do movimento. Isso indica que em cada instante, esses procedimentos poderiam apresentar maiores ou menores diferenças em relação à posição vertical do CG durante a execução do salto com contramovimento. No entanto, esse estudo não verificou a validade entre as velocidades nesses instantes durante esses saltos.

O estudo de Farahani *et al.* (2016) teve como objetivo validar um modelo antropométrico implementado na cinemetria com o teorema impulso-momento. A

velocidade de decolagem foi calculada durante a execução do salto agachado e do salto agachado com o auxílio dos membros superiores. Apesar do coeficiente de correlação entre os procedimentos terem sido muito altos ( $r^2=0,98$  e  $r^2=0,95$  respectivamente), e o modelo foi considerado válido, a diferença entre os procedimentos na velocidade de decolagem no salto agachado com auxílio dos membros superiores foram cerca de 0,21 m/s, o que resulta em uma diferença na altura do salto de até 10 cm.

O estudo de Slomka *et al.* (2017) teve como objetivo deste avaliar a confiabilidade e validade concorrente de dois sistemas cinemáticos com o a plataforma de força no cálculo da altura do salto. Esses autores relataram que os dois sistemas e a plataforma de força apresentaram confiabilidade muito alta e que sua validade concorrente também foi muito alta  $r = 0,99$  e  $r = 0,97$ , respectivamente. No entanto apesar de utilizar a plataforma de força, esses autores utilizaram o tempo de voo para calcular a altura do salto, em vez do teorema impulso – momento.

Quando se pretende validar dois procedimentos que deveriam medir a mesma variável é importante que a metodologia seja utilizada de forma adequada (HIRAKATA; CAMEY, 2009). Nos últimos anos houve uma discussão na literatura a respeito dos procedimentos a serem adotados na comparação entre procedimentos. A validade entre os procedimentos tem como objetivo descobrir se as duas medidas são equivalentes e se uma poderia substituir a outra. Na validação entre o teorema impulso-momento e a cinemetria, durante a execução dos saltos que iniciam em uma posição estática, alguns estudos têm utilizado o coeficiente de correlação de *Pearson* (RABUFFETTI; BARONI, 1999; MARKOVIC *et al.*, 2004; BUCKTHORPE; MORRIS; FOLLAND, 2012; FARAHANI *et al.*, 2016; DOBBIN *et al.*, 2017).

Apesar de ser uma prática comum na literatura, a validade concorrente determinada pela correlação de *Pearson*, apresenta limitações, uma vez que o instrumento que se pretende validar pode apresentar um erro sistemático em relação ao procedimento de referência e tal viés não é capturado no cálculo do 'r' de *Pearson* (HOPKINS, 2004). Desta forma, o coeficiente de correlação não avalia a validade e sim associação, pois, duas medidas poderiam apresentar correlações fortes e ainda assim apresentar diferenças no intervalo de medida dos valores.

Para resolver isso, uma metodologia foi proposta por Bland e Altman (1999) que consiste em verificar a diferença entre duas variáveis (X e Y) que parte de uma

visualização gráfica, a partir da dispersão entre a diferença das duas variáveis ( $X - Y$ ), também chamado de viés e da média dessas duas variáveis  $(X + Y) / 2$  (HIRAKATA; CAMEY, 2009). Recentemente, alguns estudos, utilizaram o gráfico de Bland – Altman para verificar a validade entre procedimentos durante a execução de saltos que iniciam em uma posição estática (DIAS *et al.*, 2011; PALAZZI, WILLIAMS; BOURDON, 2013; BALSALOBRE-FERNÁNDEZ; GLAISTER; LOCKEY, 2015; NIBALI *et al.*, 2015).

Assim, observa-se que as comparações entre a cinemetria e o teorema impulso-momento em tarefas de salto que iniciam em uma posição estática apresentaram resultados divergentes, com diferenças menores de 2 cm e até 10 cm entre os estudos. Nas avaliações que apresentaram valores próximos a 2 cm na altura do salto entre os procedimentos, os autores reportaram haver diferenças significativas entre esses procedimentos. No entanto, sob ponto de vista prático, essa diferença parece não representar uma alteração importante na altura do salto com contramovimento. No entanto, o procedimento estatístico adotado por grande parte dos estudos que utilizam o índice de correlação de *Pearson*, não medem a concordância entre eles, apenas a associação.

Dessa forma, pelo que foi discutido nesse capítulo, verificamos que o salto de ataque é um salto precedido por uma corrida de aproximação e para o cálculo do desempenho é necessário a aplicação de procedimentos combinados calculando a velocidade no início do impulso pela cinemetria e calculando a alteração da velocidade vertical pelo teorema impulso-momento. No entanto é necessário quantificar a confiabilidade, acurácia e validade no cálculo da velocidade no início do impulso pela cinemetria. Para verificar esses possíveis erros, foram comparadas as velocidades determinadas pelos dois métodos, durante saltos em que a velocidade inicial é igual a zero. (salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores), uma vez que, as comparações entre a cinemetria e o teorema impulso-momento apresentam algumas divergências na literatura, principalmente no que diz respeito aos procedimentos adotados para verificar os critérios de desempenho.

Verificar a validade entre as velocidades do CG em instantes específicos, durante a execução dos salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores permite quantificar os erros em diferentes posturas

adotadas durante o salto, principalmente porque no procedimento combinado será utilizado um instante específico, para calcular a velocidade de decolagem do salto de ataque. Verificar a concordância entre a cinemetria e o teorema impulso-momento, em diferentes instantes, durante a execução do salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores ainda não foram apresentadas na literatura.

Uma vez que, a cinemetria apresente acurácia e validade com o teorema impulso-momento será testada a aplicação do procedimento combinado no salto de ataque. A utilização desse procedimento para avaliar o desempenho no salto de ataque ainda não foi investigado na literatura.

A implementação de modelos antropométricos, para estimar a posição do CG tem sido a solução adotada para a análise do movimento do salto de ataque, no entanto possuem algumas limitações metodológicas. Mesmo assim, existem uma grande variedade de modelos antropométricos que são implementados, todavia, em alguns estudos sobre o salto de ataque, os autores não informaram quais modelos são utilizados. Nesse sentido, as estratégias para estimar a localização do CG baseadas em modelos antropométricos mais simples têm demonstrado uma diminuição na acurácia dos valores de deslocamento do CG, à medida que o número desses marcadores diminuem. Todavia, esse tipo de estratégia tem sido pouco aplicada na avaliação de saltos. Assim, verificar a aplicação de modelos antropométricos simplificados pode trazer informações para a aplicação dos procedimentos combinados no salto de ataque.

### 3 MÉTODO

#### 3.1 Cuidados Éticos

Antes de iniciarem a participação neste projeto, os voluntários receberam todas as informações quanto aos objetivos e ao processo metodológico desse estudo deram o consentimento por escrito e estavam cientes de que sua participação na pesquisa foi voluntária. Foram tomadas todas as precauções no intuito de preservar a privacidade dos voluntários, sendo que a saúde e o bem-estar destes estavam sempre acima de qualquer outro interesse.

A coleta dos dados ocorreu na Universidade de Salzburg – Áustria, como projeto de colaboração com a UFMG. O projeto passou pela aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Salzburg em concordância com o protocolo de Helsinki. Todas as participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), no anexo I onde constavam os objetivos da pesquisa, bem como, a metodologia a ser aplicada. Para as atletas menores de 18 anos foi solicitado o consentimento dos pais ou responsáveis. As atletas foram familiarizadas com os procedimentos antes da coleta de dados no local da realização dos testes. Os testes foram realizados em apenas um dia.

#### 3.2 Amostra

Participaram deste estudo 10 atletas de voleibol do sexo feminino da categoria adulta que participam da 1ª liga nacional da Áustria. Para participar do estudo as atletas atenderam aos seguintes critérios de inclusão: 1) ausência de lesões musculoesqueléticas ou procedimentos cirúrgicos nos últimos seis meses nos membros inferiores, pelve e coluna lombar; 2) estarem participando de treinos no mínimo a 6 (seis) meses. Os critérios de exclusão foram: 1) desistir da pesquisa por livre e espontânea vontade; 2) o não comparecimento ao local de coleta no dia e hora programados 3) apresentar alguma enfermidade e/ou patologia que comprometa a realização dos saltos durante a coleta de dados, tais como lesão musculoesquelética de membros inferiores ou coluna. Os dados referentes às características da amostra estão presentes na Tabela 5.

**Tabela 5** – Dados descritivos referentes à idade, massa corporal e estatura da amostra (n=10).

	<b>Média ± Desvio padrão</b>
Idade (anos)	19,85 ± 3,46
Altura (m)	1,79 ± 0,06
Massa corporal (kg)	70,47 ± 11,02
Altura de alcance (m)	2,28 ± 0,08
Experiência de treino (anos)	8,36 ± 3,89
Horas de treino por semana (h)	11,46 ± 2,15

Fonte: Elaboração própria.

### 3.3 Procedimentos

Antes da avaliação dos saltos salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores, as atletas realizaram cinco minutos de atividade preparatória que consistiu em correr em velocidade moderada com ritmo auto selecionado e três saltos com contramovimento com auxílio dos membros superiores submáximos. Para fins de familiarização, as atletas realizaram saltos no solo e três saltos sobre duas plataformas de força sincronizadas. Os procedimentos de familiarização das atletas foram semelhantes para o salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores e tiveram como finalidade minimizar a variabilidade da execução de movimento. Para o teste, as atletas realizaram 10 saltos com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores válidos sobre duas plataformas de força com intervalo de recuperação de 1 minuto entre cada tentativa (RICHTER *et al.* 2012).

Foram realizadas avaliações antropométricas na intenção de dar subsídios para as variáveis cinemáticas do movimento. Essas variáveis antropométricas foram: a) estatura; b) massa corporal; c) diâmetro do úmero na altura dos epicôndilos,

diâmetro do punho entre os processos estiloides do punho, bicôndilar do fêmur e bi maleolar no tornozelo. As medidas dos diâmetros foram coletadas para posterior reconstrução do modelo antropométrico (*Plug-In Gait*), no qual será detalhado no item 3.4.2.1.

Na execução do salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores, as atletas partiram da posição de pé e executaram um contramovimento, sem qualquer restrição em termos de graus de flexão de joelhos e quadris. No salto com contramovimento as mãos ficaram fixas nos quadris, enquanto que, nos salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores os membros superiores, estes puderam auxiliar no movimento. Entre cada série foi destinada à atleta uma pausa de cerca de três minutos e entre cada repetição uma pausa de 30 segundos. As atletas realizaram duas séries de cinco repetições em cada protocolo de salto.

Na familiarização para a execução do SA, cada atleta realizou duas séries de três saltos para ajustar a corrida de aproximação em relação às plataformas de força. Para manter as condições de teste constantes, uma bola foi suspensa, segura por uma corda fixada ao teto, a uma altura aproximada de cinquenta centímetros acima da estatura média das atletas. As atletas deveriam saltar o mais alto possível e rebater a bola em uma situação hipotética de ataque no corredor (atacando em uma direção frontal). Foram realizadas 10 tentativas, com a corrida de aproximação em velocidade auto selecionada e o tipo de salto executado foi o “*Step Close*” (HSIEH; CHRISTIANESEN, 2010). Após cada tentativa as atletas tinham um intervalo de 30 segundos (WAGNER *et al.*, 2009).

### 3.4 Instrumentação

#### 3.4.1 Avaliação dinamométrica do Movimento

Para o registro da FRS na execução dos salto com contramovimento, salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores e o salto de ataque foram utilizadas duas plataformas de força, sincronizadas e montadas lado a lado da marca AMTI®, modelo BP-800400 (*Watertown, MA, USA*) (FIGURA 4). As FRS foram coletadas separadamente para cada plataforma em uma frequência de

aquisição de 1000 Hz. Para o registro dos sinais foi utilizado o *software AMTI-Netforce®* (Watertown, MA, USA).

**Figura 4** – Plataformas de força e seu posicionamento.



Fonte: [www.amti.biz](http://www.amti.biz) (2015).

Na execução do salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores, os pés foram posicionados separadamente sobre cada plataforma a uma distância igual à largura dos ombros, com os joelhos estendidos e o tronco na posição vertical, as mãos e os braços estáticos ao longo do corpo com antebraços em leve pronação. As atletas foram instruídas a permanecer imóveis durante um ou dois segundos na posição de partida e iniciaram o salto após um comando verbal.

O quadro 2 mostra os critérios para considerar o desempenho correto do salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores e a figura 5 mostra a sequência de execução do salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.

No protocolo de execução do salto com contramovimento foram adotados os mesmos critérios de execução do salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores, porém, não foi permitido o movimento dos membros superiores devendo as mãos permanecerem nos quadris durante toda a execução do salto.

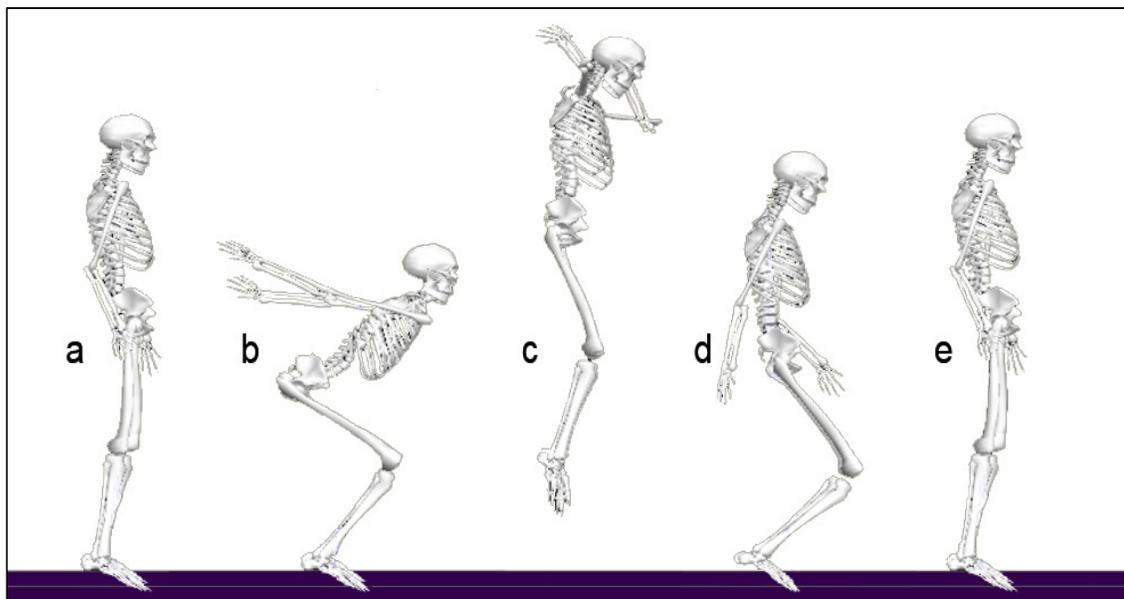
A figura 6 mostra a sequência de execução do salto com contramovimento. Nos dois tipos de saltos, as atletas foram orientadas a aterrissar na mesma posição de decolagem. As atletas utilizaram o calçado habitual para o treinamento e competição.

**Quadro 2** – Critérios para considerar como correta a execução de um salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.

Critérios para cada fase.	
Posição inicial	<p>Estar posicionado, aproximadamente, com um pé em cada plataforma</p> <p>Os pés paralelos a uma distância igual à largura dos ombros.</p> <p>Os joelhos em extensão (cerca de 180°)</p> <p>O tronco permanece numa posição mais vertical possível.</p> <p>Olhar para frente</p> <p>Braços estendidos</p> <p>Manter a posição estática durante 2-3 segundos.</p>
Fase de impulso	<p>Movimento para baixo rápido: flexão rápida do joelho.</p> <p>Os ombros iniciam movimento de extensão quando a fase excêntrica dos membros inferiores está começando.</p> <p>O cotovelo permanece em extensão durante o movimento para baixo.</p> <p>Ação ininterrupta, da fase excêntrica para a fase concêntrica com flexão simultânea de ombros.</p> <p>Braços e antebraços são “jogados” à frente e para cima.</p> <p>O último apoio antes da decolagem é com o metatarso.</p>
Fase Aérea	<p>Manter o tronco na posição ereta.</p> <p>Ombros flexionam e cotovelos estendidos até a altura máxima do salto.</p> <p>Quadris, joelhos e tornozelos totalmente estendidos e alinhados durante a fase ascendente e descendente.</p>
Fase de aterrissagem	<p>Manter o tronco na posição ereta.</p> <p>Joelhos com ângulo de cerca de 180° no momento do contato com o solo</p> <p>Pés em Flexão plantar. Primeiro contato com o metatarso.</p>

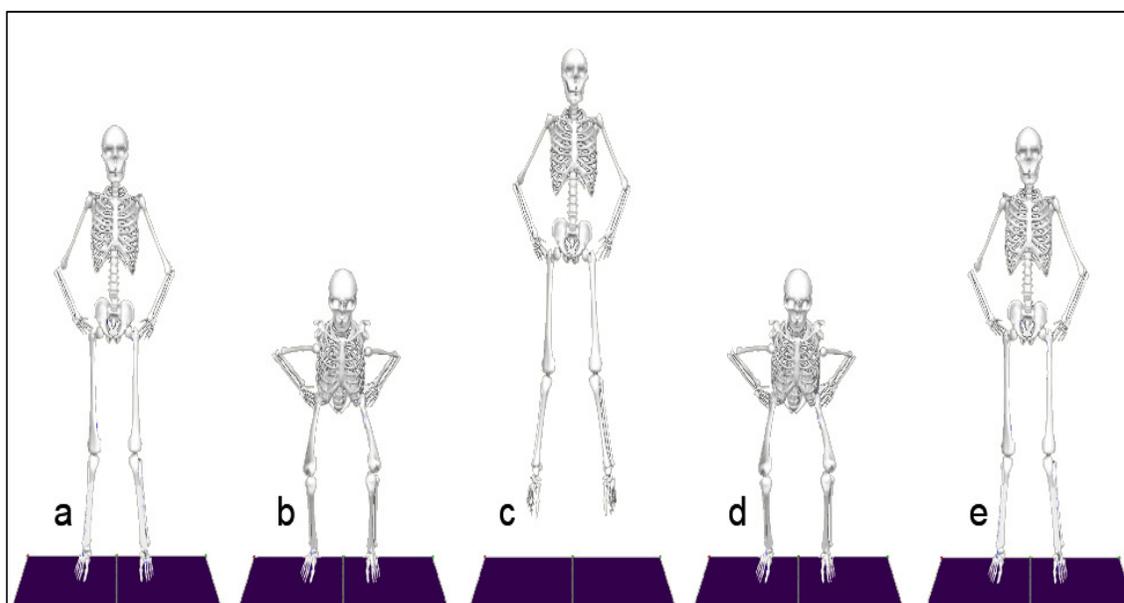
Fonte: Adaptado de Acero, Sánchez e Fernández-del-olmo (2012).

**Figura 5** – Sequência de execução do salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores e respectivos instantes.



Fonte: elaboração própria. Legenda: a= posição inicial, b= ponto mais baixo do CG, c= ponto mais alto do CG, d=aterrissagem, e= recuperação.

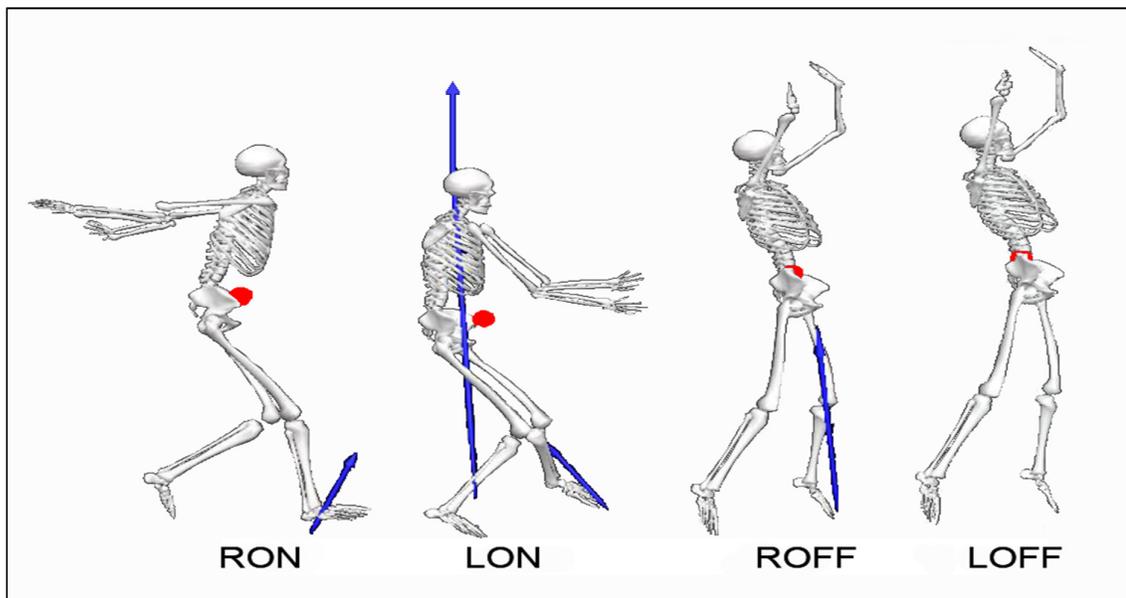
**Figura 6** – Sequência de execução do salto com contramovimento e respectivos instantes.



Fonte: elaboração própria. Legenda: a= posição inicial, b= ponto mais baixo do CG, c= ponto mais alto do CG, d=aterrissagem, e= recuperação.

Os saltos de ataque foram avaliados a partir do instante em que a atleta iniciava o contato com a plataforma de força até a decolagem. Todas as atletas executavam o contato inicial com o membro direito. A figura 7 mostra os instantes de um salto de ataque. Na avaliação cinética do salto de ataque, o critério para estabelecer como correta execução foi quando cada membro inferior tocava em cada plataforma de força.

**Figura 7** – Sequencia de eventos na execução do salto de ataque.



Fonte: Elaboração própria. O ponto vermelho representa o centro de gravidade. Legenda: RON= primeiro contato do pé direito com a plataforma, LON, primeiro contato do pé esquerdo na plataforma, ROFF= início da fase aérea do membro direito, LOFF= início da fase aérea do membro esquerdo.

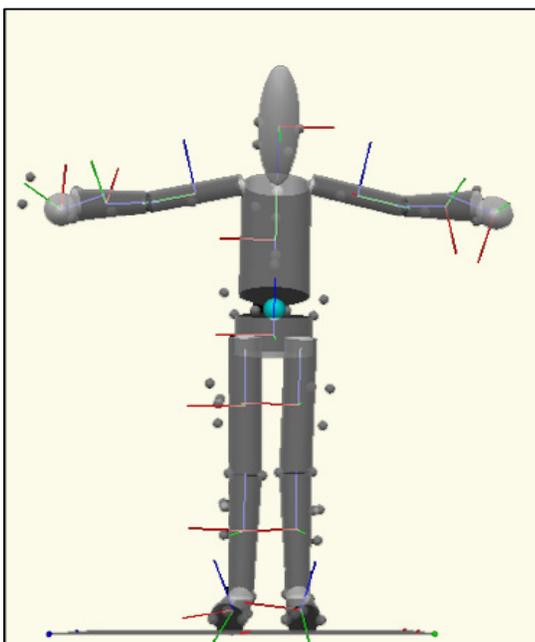
### 3.4.2 Avaliação Cinemétrica do Movimento

Os saltos foram gravados com doze câmeras modelo Vicon MX-13 (*Vicon Peak, Oxford, UK*) a uma frequência de 250 Hz. As câmeras foram posicionadas ao redor de um volume de captura em que as plataformas de força estavam no centro inferior desse volume. Dessa forma, os marcadores anatômicos fixados nas atletas poderiam ser visualizados pelo maior número de câmeras possíveis, durante as coletas. A captura das imagens foi sincronizada com os dados cinéticos da plataforma de força e o sistema global de referência para os dados cinemáticos (ROBERTSON; GORDON, 2014) utilizou a mesma orientação das plataformas de força, sendo, os eixos de X médio-lateral, Y anteroposterior e Z vertical.

Para a reconstrução do modelo de corpo inteiro foram utilizados 48 marcadores passivos reflexivos de 14 mm, fixados por adesivos na pele, em pontos anatômicos definidos pelo modelo *Plug-In Gait Marker Set* (Vicon, Oxford Metrics, Ltda., UK). Foram utilizados 17 pontos distribuídos como clusters no quadril, mãos e membros inferiores. O quadro 3 na página seguinte mostra a relação dos marcadores utilizados para a reconstrução do modelo antropométrico. O cálculo para os movimentos de cada segmento foi executado no *software* Visual3D® versão 5 (C-Motion, Inc., Rockville, MD).

Antes de cada série de saltos, as atletas adotaram uma posição anatômica de referência (pose), na qual teve como finalidade gerar uma calibração estática, para a reconstrução do modelo antropométrico. Quando algum ponto saía do local foi recolocado pelo mesmo avaliador e a pose gravada novamente. A Figura 8 mostra o modelo *Plug-In Gait Marker* gerado no *software* Visual3D® adotando a pose.

**Figura 8** – Modelo antropométrico *Plug-In Gait*, gerado a partir dos marcadores fixos na pele. O CG é representado pelo ponto azul no centro da figura.



Fonte: Elaboração própria.

**Quadro 3** – Relação dos marcadores antropométricos utilizados para a definição do modelo antropométrico de corpo inteiro de acordo com o *Plug-In Gait*.

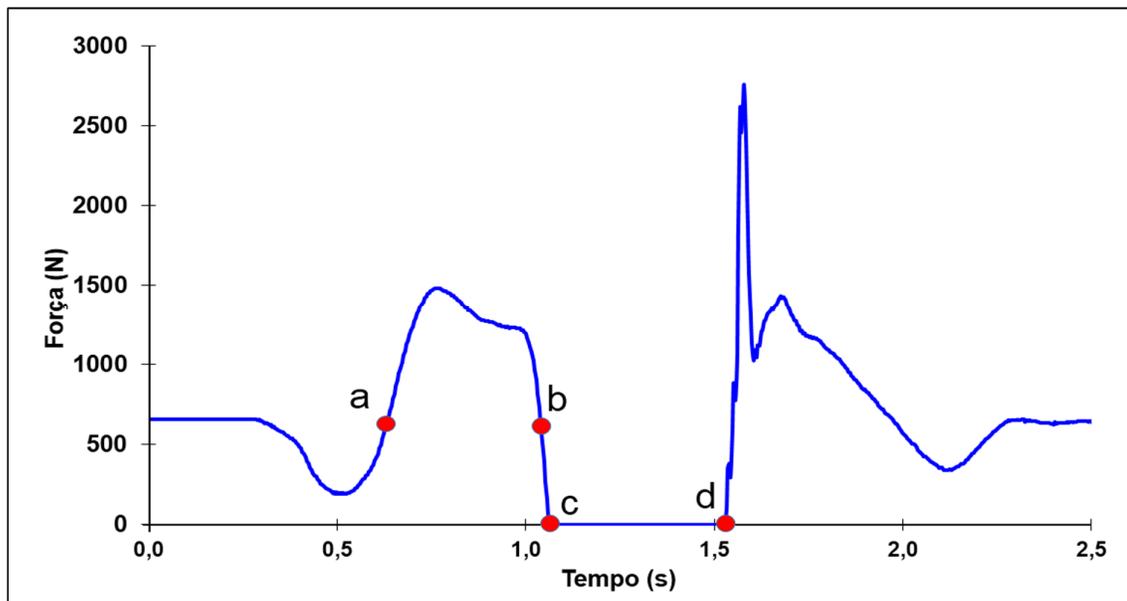
<b>Segmento</b>	<b>Pontos antropométricos</b>	<b>Sigla</b>
Pelve	Espinha Ilíaca Antero Superior Direita	RASI
	Espinha Ilíaca Antero Superior Esquerda	LASI
	Espinha Ilíaca Pósterio superior Direita	RPSI
	Espinha Ilíaca Pósterio superior Esquerda	LPSI
Tronco	Tubérculo Da Crista Ilíaca Direita	RHIP
	Tubérculo Da Crista Ilíaca Esquerda	LHIP
	Articulação Xifoide Do Esterno	STRN
	Décima Vertebra Torácica	T10
	Sétima Vertebra Cervical	C7
	Acrômio Direito	RSHO
	Acrômio Esquerdo	LSHO
	Incisura Jugular Do Externo	CLAV
Cabeça	Cabeça Frontal Direita	RFHD
	Cabeça Frontal Esquerda	LFHD
Coxa	Epicôndilo Lateral Fêmur Direito	RKNE
	Epicôndilo Medial Fêmur Direito	RKME
	Fêmur Epicôndilo Lateral Esquerdo	LKNE
	Epicôndilo Medial Fêmur Esquerdo	LKME
Perna	Maléolo Lateral da Fíbula Direito	RANK
	Maléolo Medial Da Tíbia Direito	RANKm
	Maléolo Lateral Da Fíbula Esquerdo	LANK
	Maléolo Medial Da Tíbia Esquerdo	LANKm
Pé	Superfície Posterior Do Calcâneo Direito	RHEE
	Superfície Posterior Do Calcâneo Esquerdo	LHEE
	Cabeça Do Quinto Metatarso Direito	RMT5
	Cabeça Do Quinto Metatarso Esquerdo	LMT5
	Base Do Primeiro Metatarso Direito	RMT1
	Base Do Primeiro Metatarso Esquerdo	LMT1
	Face Mais Proeminente Do Pé (Calçado) Direito	RTOE
	Face Mais Proeminente Do Pé (Calçado) Esquerdo	LTOE
Braço	Epicôndilo Lateral Do Úmero Direito	RELB
	Epicôndilo Lateral Do Úmero Esquerdo	LELB
	Epicôndilo Medial Do Úmero Direito	RELBm
	Epicôndilo Medial Do Úmero Esquerdo	LELBm
Antebraço	Processo Estiloide Do Rádio Direita	RWRA
	Processo Estiloide Do Rádio Esquerdo	LWRA
	Processo Estiloide da Ulna Direita	RWRB
	Processo Estiloide da Ulna Esquerda	LWRB
Mão	Cabeça do terceiro Falange Proximal Direita	RFIN
	Cabeça do terceiro Falange Proximal Esquerda	LFIN

Fonte: Elaboração própria.

### 3.4.3 Cálculo das velocidades utilizando a dinamometria

Para calcular a velocidade do CG nos salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores foram divididos em três fases: fase descendente, fase ascendente e fase de voo (VAVERKA *et al.*, 2016). No estudo serão comparadas as velocidades em instantes de cada uma dessas fases. Na fase descendente, que inicia com o movimento para baixo até a posição mais baixa do CG (McMAHON; REJ; COMFORT, 2017) foi calculada o instante da velocidade mínima ( $t_{vmin}$ ) do CG (GATHERCOLE; SPORER; STELLINGWERFF, 2015). Na fase ascendente que inicia da posição mais baixa do CG até a decolagem (LINTHORNE, 2001) foi calculada no instante de velocidade máxima ( $t_{vmax}$ ). Na fase de voo, foram calculadas as velocidades nos instantes de decolagem ( $t_{voff}$ ) e no instante de aterrissagem ( $t_{vtd}$ ). Para a análise das velocidades as  $F_z$  de cada plataforma foram somadas resultando em uma única curva força-tempo. O gráfico 4 mostra a curva força-tempo e os eventos de interesse deste estudo.

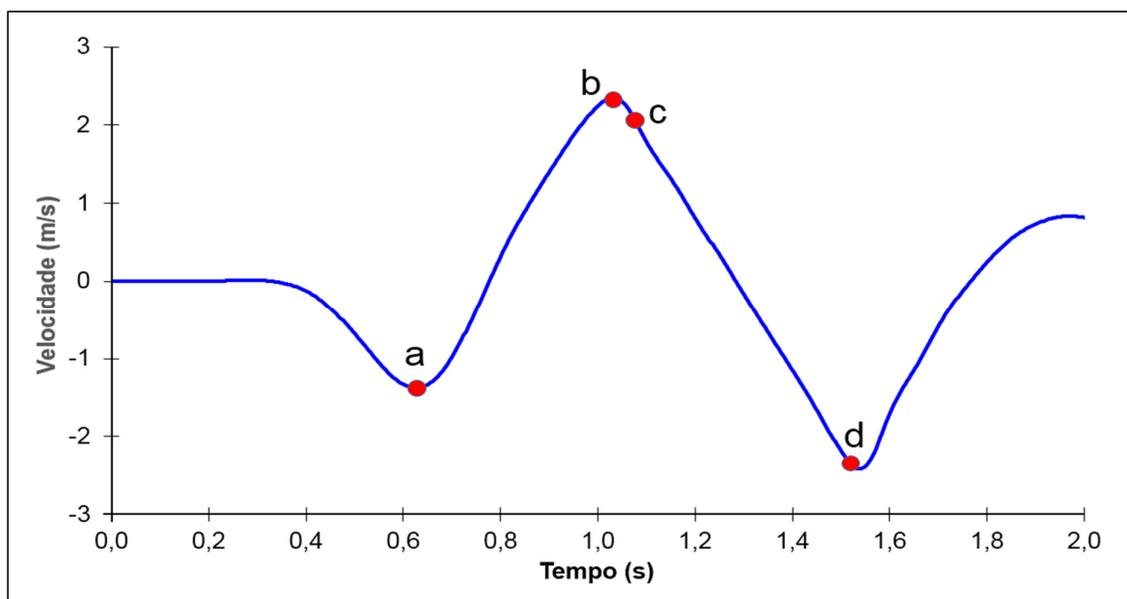
**Gráfico 4** – Curva força-tempo de um salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.



Fonte: Adaptado de Linthorne (2001), pag. 1200. Os pontos da curva que identificam os eventos para análise. a = velocidade mínima ( $V_{min}$ ), b= velocidade máxima ( $V_{max}$ ), c= velocidade de decolagem ( $V_{off}$ ) e d= velocidade de aterrissagem ( $V_{td}$ ).

O início do movimento foi determinado quando o valor de  $F_z$  diminuiu 5% em relação à força gerada na posição estática e terminou quando a atleta iniciou a fase aérea (McMAHON *et al.*, 2016). A fase de voo iniciou quando o valor de  $F_z$  era zero (OWEN *et al.*, 2014). O procedimento de integração dessa curva foi calculado pelo teorema impulso-momento descrito por Linthorne (2001) após a determinação dos instantes foi aplicado um filtro passa baixa de 50 Hz de quarta ordem *Butterworth*, (MENZEL *et al.*, 2013) utilizando o *software DasyLab*® 11 (*National Instruments, Ireland*). O gráfico 5 mostra a curva de velocidade do CG de um salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores após procedimento de integração numérica

**Gráfico 5** – Curva de velocidade do CG de um salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores após procedimento de integração numérica.



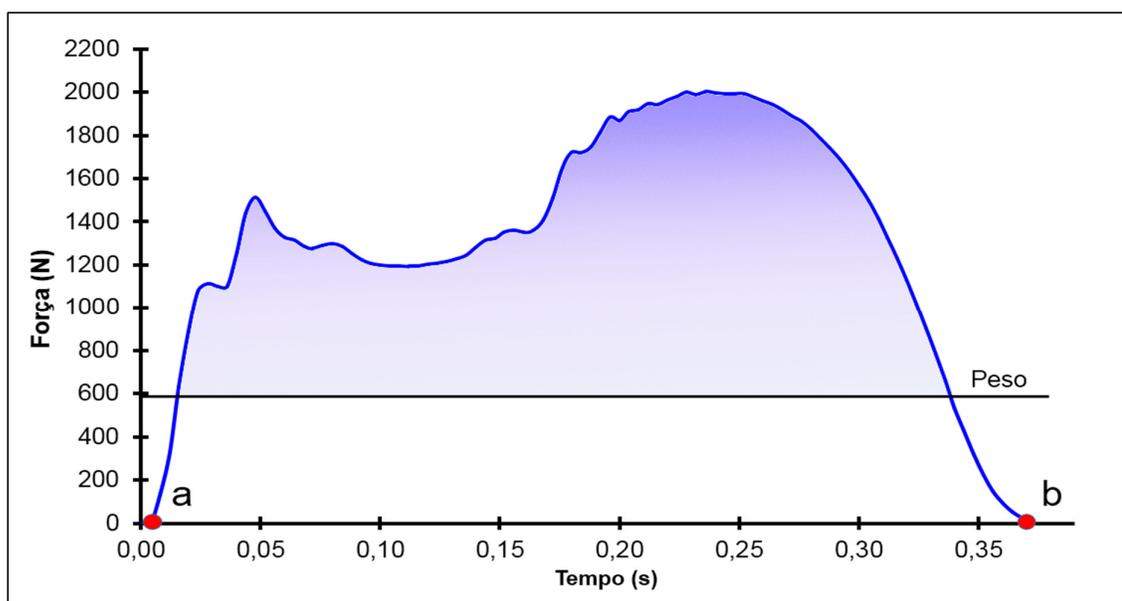
Fonte: Adaptado de Linthorne (2001), pag. 1200. Os pontos da curva que identificam os eventos para análise. a = velocidade mínima ( $V_{min}$ ), b= velocidade máxima ( $V_{max}$ ), c= velocidade de decolagem ( $V_{off}$ ) e d= velocidade de aterrissagem ( $V_{td}$ ).

No salto de ataque, a velocidade de decolagem foi calculada aplicando o teorema impulso-momento de acordo com Linthorne (2001) na equação 5. Para o cálculo do impulso, as  $F_z$  de cada plataforma foram somadas resultando em uma curva força-tempo na qual é apresentada no gráfico 6. No procedimento de integração dessa

curva foi aplicado um filtro passa baixa de 50 Hz *Butterworth* de quarta ordem implementado no software *DasyLab*® 11 (*National Instruments, Ireland*).

Os valores de velocidade de decolagem foram calculados a partir da integração da curva força - tempo. A velocidade de decolagem foi posteriormente utilizada para o cálculo no procedimento combinado, no qual será descrito no item 4.5.

**Gráfico 6** – Curva força-tempo de um salto de ataque durante a fase de impulsão.



Fonte: Elaboração própria. Legenda: a= primeiro contato do pé com a plataforma, b= decolagem. A área sombreada debitada do peso da atleta é usada para o cálculo do impulso normalizado.

#### 3.4.4 Cálculo das velocidades utilizando a cinemetria

Na avaliação do salto com contramovimento, salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores e do salto de ataque, para o cálculo das velocidades do CG foi aplicado o modelo antropométrico *Plug-In Gait Marker Set* (*Vicon, Oxford Metrics, Ltda., UK*). Para calcular velocidade do CG e dos pontos selecionados, os dados de diferentes tentativas foram salvos e exportados em arquivos *c3d*, para análise no software *visual 3D*®v.5 (*C-Motion, Inc. Rockville, MD*). As curvas de deslocamento e velocidade foram filtradas por um filtro linear passa baixa *Butterworth* de segunda ordem com frequência de corte de 10Hz (*GULLSTRAND, et al. 2009*). Nas curvas de deslocamento e de velocidade do CG

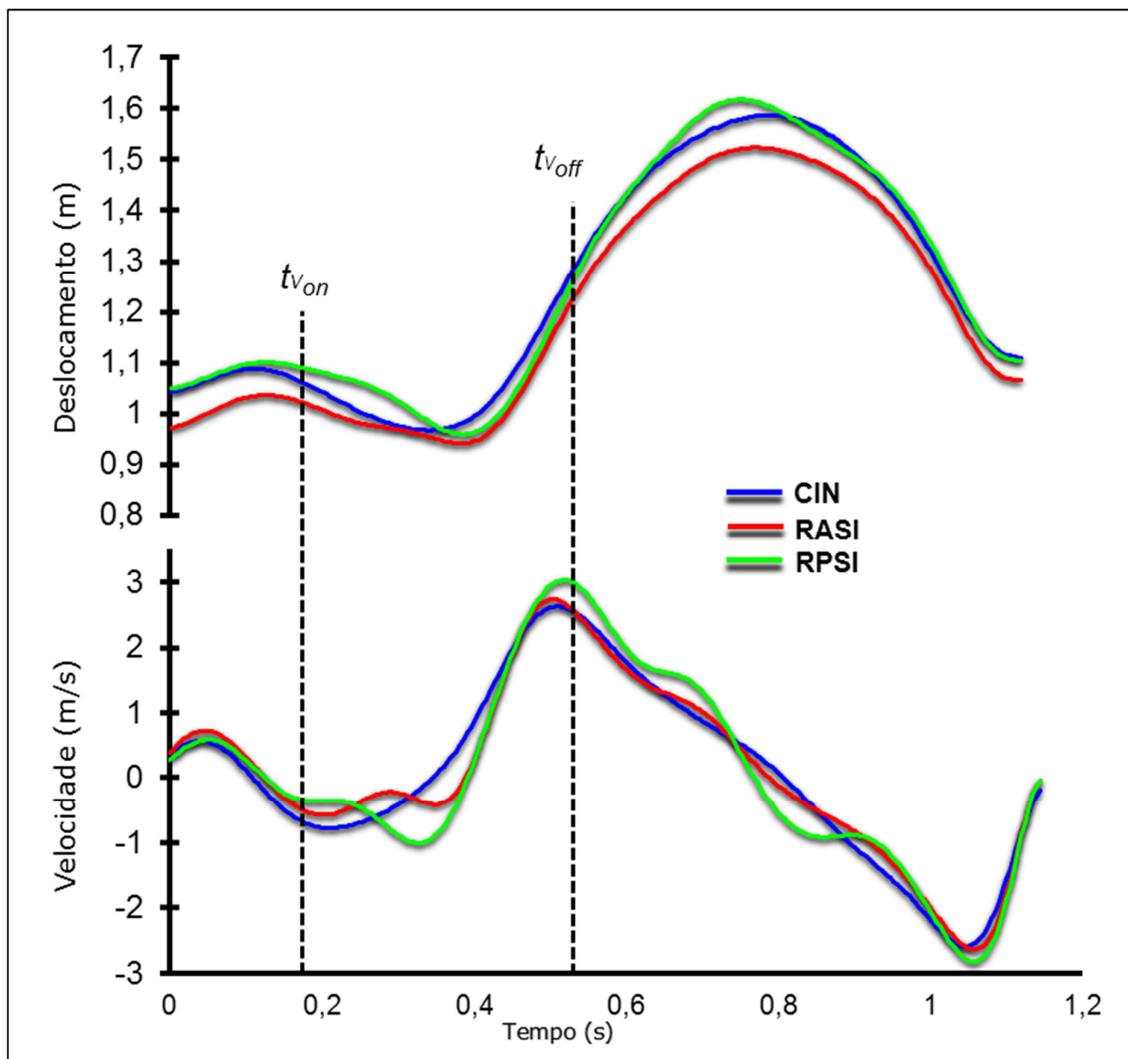
foram determinadas as mesmas velocidades do CG, já definidas no item 3.4.3 no salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores para o modelo antropométrico simplificado.

Para os saltos que iniciam em uma posição estática e no salto de ataque foram adotados dois modelos antropométricos simplificados. Cada modelo utilizou um marcador fixo na pelve, no qual representou a posição do CG nesse modelo (HARA *et al.*, 2008). Um modelo utilizou como referência o marcador fixo na espinha ilíaca pósterio superior direita (RPSI) e o segundo modelo na espinha ilíaca ântero superior direita (RASI). A posição RPSI para o modelo foi escolhida, por estar mais próximo ao sacro, local onde estudos já citados verificaram a validade com o CG (RANAVOLO *et al.*, 2008) e com estudos de Vanrenterghem *et al.* (2010) que utilizaram esse ponto anatômico enquanto a posição RASI foi escolhida por fazer parte modelo antropométrico de corpo inteiro *Plug-in Gait*. As velocidades do CG calculadas pela cinemetria utilizando o modelo antropométrico utilizando o corpo inteiro e no modelo antropométrico simplificado foram comparadas em relação às velocidades calculadas pelo teorema impulso-momento.

No salto de ataque foram selecionadas as velocidades no início do impulso e a velocidade de decolagem. A velocidade no início do impulso foi determinada com o auxílio dos dados da plataforma de força quando o valor de  $F_z$  foi maior que zero. A velocidade de decolagem também foi determinada quando os valores de ambas plataformas de força era zero.

Além de determinar a velocidade do CG a partir do modelo antropométrico corpo inteiro, foram utilizados dois modelos antropométricos simplificados, utilizando um marcador posicionado na RASI e RPSI (como já descrito). As velocidades do CG calculadas pela cinemetria utilizando o modelo antropométrico simplificado foi comparada em relação à velocidade calculada pelo modelo antropométrico de corpo inteiro. O gráfico 7 na página seguinte mostra as velocidades selecionadas nas curvas de deslocamento e velocidade do CG e dos modelos antropométricos simplificados para uma tentativa de uma atleta.

**Gráfico 7** – Curvas de deslocamento e velocidade do CG e dos modelos antropométricos simplificados no salto de ataque.



Fonte: Elaboração própria. Legenda: CIN= cinematria, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha íliaca pósterio superior direita,  $t_{V_{on}}$ = instante em que a velocidade no início da fase de impulsão,  $t_{V_{off}}$ = instante de decolagem.

### 3.5 Procedimentos Combinados

A partir de dois procedimentos em conjunto é possível determinar a velocidade de decolagem de um salto de ataque. A cinematria calcula a velocidade no início do impulso implementada por um modelo antropométrico, para determinar a velocidade vertical do CG, no instante em que a atleta toca no solo após a corrida de aproximação. A dinamometria calcula a alteração da velocidade vertical do CG a partir da integração da curva força – tempo, durante o contato dos membros

inferiores com a plataforma de força. Desta forma, a velocidade de decolagem será a soma da velocidade no início do impulso a alteração da velocidade vertical como descrito por Baca (1999) na equação 1, para saltos que iniciam com a velocidade inicial diferente de zero.

Como a cinemetria utiliza um modelo antropométrico de corpo inteiro para determinar a posição e a velocidade vertical do CG, na velocidade no início do impulso será testada a validade de utilizar um modelo antropométrico simplificado para calcular a velocidade vertical no início da fase de impulsão. Dessa forma, além do modelo antropométrico utilizando o corpo inteiro foram adotados dois modelos antropométricos simplificados na RASI e RPSI. Uma vez que o resultado do cálculo da alteração da velocidade vertical é calculada pelo teorema impulso-momento, os procedimentos combinados foram diferenciados a partir dos modelos antropométricos simplificados no cálculo da velocidade no início do impulso.

Assim, o procedimento combinado 1 (COMB<sub>1</sub>) foi composto pela velocidade no início do impulso calculada pela cinemetria, com o implemento do modelo antropométrico (*Plug-In Gait*) de corpo inteiro adicionado a alteração da velocidade vertical calculada pelo teorema impulso-momento. O procedimento combinado 2 (COMB<sub>2</sub>), foi composto pela velocidade no início do impulso calculada pelo modelo antropométrico simplificado, assumindo que o CG era o marcador fixo na RASI adicionado a alteração da velocidade vertical calculada pelo teorema impulso-momento. O procedimento combinado 3 (COMB<sub>3</sub>), foi composto pela velocidade no início do impulso calculada pelo modelo antropométrico simplificado, assumindo que o CG era o marcador fixo na RPSI adicionado a alteração da velocidade vertical calculada pelo teorema impulso-momento. A velocidade de decolagem de cada procedimento combinado foi comparada com a velocidade de decolagem calculada pela cinemetria com o implemento do modelo antropométrico de corpo inteiro.

### 3.6 Análise estatística

Os três objetivos desse trabalho e suas respectivas hipóteses estão descritos nos itens 1.1 e 1.2. Previamente foi executada uma análise descritiva por meio da média, desvio padrão e teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* em todas

tentativas válidas para cada procedimento em cada salto. Esses testes foram calculados por meio do *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 18.0 SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)*.

De acordo com Hirakata e Camey (2009), uma ferramenta válida é aquela que mede realmente o que se propõem a medir. Confiável é aquela em que seus dados coletados são reprodutíveis e de elevada acurácia que é a capacidade dos modelos antropométricos de corpo inteiro e simplificado calcularem a velocidade corretamente (THOMAS *et al.*, 2005). A seguir serão detalhados os procedimentos estatísticos para verificar a confiabilidade, acurácia e a validade nesse trabalho.

### 3.6.1 Métodos para testar a confiabilidade dos dados

A confiabilidade foi calculada através do coeficiente de correlação intraclasse ( $CCI_{1,1}$ ) a partir da confiabilidade intra-sessão de acordo com (WEIR, 2005 *apud* CLAUDINO *et al.*, 2013), onde as tentativas foram pareadas utilizando a primeira tentativa pareada com a segunda, a terceira com a quarta e assim sucessivamente para todas as tentativa válidas para as atletas. Os cálculos de correlação intraclasse foram aplicados por meio do *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 18.0 SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)* e a classificação adotada para os valores de CCI foram interpretadas de acordo com Portney e Watkins (2009) como “muito baixo” (0,00 – 0,25), “baixo” (0,26 – 0,49), “moderado” (0,50 – 0,69), “alto” (0,70 – 0,89) e “muito alto” (0,90 – 1,0).

### 3.6.2 Métodos para testar a acurácia dos dados

A acurácia dos procedimentos foi verificada em duas etapas: A primeira calculou a variabilidade do grupo através do erro padrão de medida (EPM) que foi obtido calculado pela raiz quadrada do quadrado médio do erro obtido pela análise de variância (ANOVA) *one way*, a partir de todas as tentativas (CLAUDINO, *et al.*, 2013) por meio do *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 18.0 SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)*. O EPM foi utilizado porque é uma medida de dispersão que mede o erro aleatório (WEIR, 2005), sendo utilizada para verificar se as variações apresentadas são atribuídas aos indivíduos, em vez do instrumento a ser testado (LUNET; SEVERO; BARROS, 2006).

Na segunda etapa, a partir do EPM foi calculada a diferença mínima individual (DMI). De acordo com Weir (2005) *apud* Claudino *et al.* (2012) a DMI representa a variação máxima de erro aleatório, que nesse trabalho também será adotada como referência para verificar a acurácia entre os procedimentos. De acordo com a equação proposta por Weir (2005), a  $DMI = EPM \times 1,96 \times \sqrt{2}$ . O valor de 1,96 modifica de acordo com o número de tentativas e é determinado pelo valor do escore z associado a 95% do intervalo de confiança.

Nesse sentido, a variação individual também foi calculada. A partir do mesmo pareamento detalhado no item 3.6.1, a variação individual de cada atleta foi calculada pela média das diferenças de cada par. *A priori* é esperado que os valores de variação individual sejam menores que a DMI para garantir que os atletas estejam familiarizados com as tarefas e que os erros encontrados sejam referentes aos procedimentos que estão sendo testados.

### 3.6.3 Métodos para testar a validade dos dados

Para verificar as hipóteses em relação à validade entre os procedimentos foi calculada através do método proposto por Bland e Altman (1999). Inicialmente é calculado o viés que é a diferença entre os valores do procedimento de referência e o procedimento que se pretende validar. A seguir, são calculadas as médias entre os resultados dos procedimentos. O gráfico de Bland – Altman é baseado na dispersão entre o viés e a média dos resultados dos procedimentos.

No entanto, antes de gerar esse gráfico é necessário calcular a probabilidade do viés ser igual a zero, para isso, foi utilizado o Teste – T de amostra única no qual foi calculado por meio do *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 18.0 SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)*. Quando esse teste de hipótese não resultou em valores significativos, o gráfico foi construído. No gráfico, os limites de concordância (positivos e negativos) são calculados baseado no viés e no desvio padrão: ( $viés \pm desvio\ padrão \times 1,96$ ). A avaliação do gráfico verifica o quanto o viés é próximo a zero, e se a distribuição dos dados estão entre os limites de concordância (GIAVARINA, 2015). Os gráficos de Bland – Altman foram gerados pelo *software MedCalc Statistical v. 14.8.1 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium)*.

Após a avaliação do gráfico de Bland – Altman é calculada a proporcionalidade do viés, através de uma equação de regressão linear (HOPKINS, 2004), dada por:  $y = a + bx$  sendo 'y' a variável dependente viés (em m/s); 'x' a variável independente média entre os resultados (em m/s), calculado por meio do *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 18.0 SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)*. Se essa equação retornar um valor não significativo, não há proporcionalidade no viés, mostrando que a medida em que viés aumenta o erro não aumenta proporcionalmente. Com isso, pode-se assumir que os procedimentos são válidos. O fato de haver diferença significativa no teste de hipótese no viés, ou proporcionalidade do viés serão os critérios para assumir que os procedimentos não são válidos. O nível de significância adotado para o teste de hipótese e para a equação de regressão foram de 5%.

## 4 RESULTADOS

Nesse capítulo, os resultados são apresentados em três partes. Na primeira parte, os resultados da confiabilidade, acurácia e validade nos saltos que iniciam em uma posição estática. Na segunda parte, os resultados da confiabilidade, acurácia e validade no salto de ataque. Na terceira parte, os resultados de confiabilidade, acurácia e validade da aplicação dos procedimentos combinados.

### 4.1 Os saltos que iniciam em uma posição estática

De acordo com o objetivo 1, esse trabalho teve a intenção de verificar a confiabilidade, acurácia e validade da velocidade do centro de gravidade calculada pela cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro e outro modelo antropométrico simplificado, com a velocidade calculada pelo teorema impulso – momento, em determinados instantes, durante a execução dos saltos com contramovimento, com e sem a utilização de membros superiores.

No salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores os dados de todas as velocidades apresentaram distribuição normal e foram homocedásticos. Para a análise dos dados foi utilizada os valores da média das tentativas dos saltos válidas de cada atleta, por apresentarem maior sensibilidade no monitoramento e sua execução (CLAUDINO *et al.*, 2017). A tabela 6 mostra o número de tentativas válidas para cada atleta em cada salto.

**Tabela 6** – Tentativas válidas na execução dos salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.

Atleta											
Salto	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	Total
<b>SCM</b>	9	3	8	10	8	5	7	9	10	5	73
<b>SCMs</b>	5	6	7	10	6	7	6	7	8	8	70

Fonte: Elaboração própria. Legenda: SCM= salto contramovimento; SCMs= salto contramovimento com auxílio dos membros superiores.

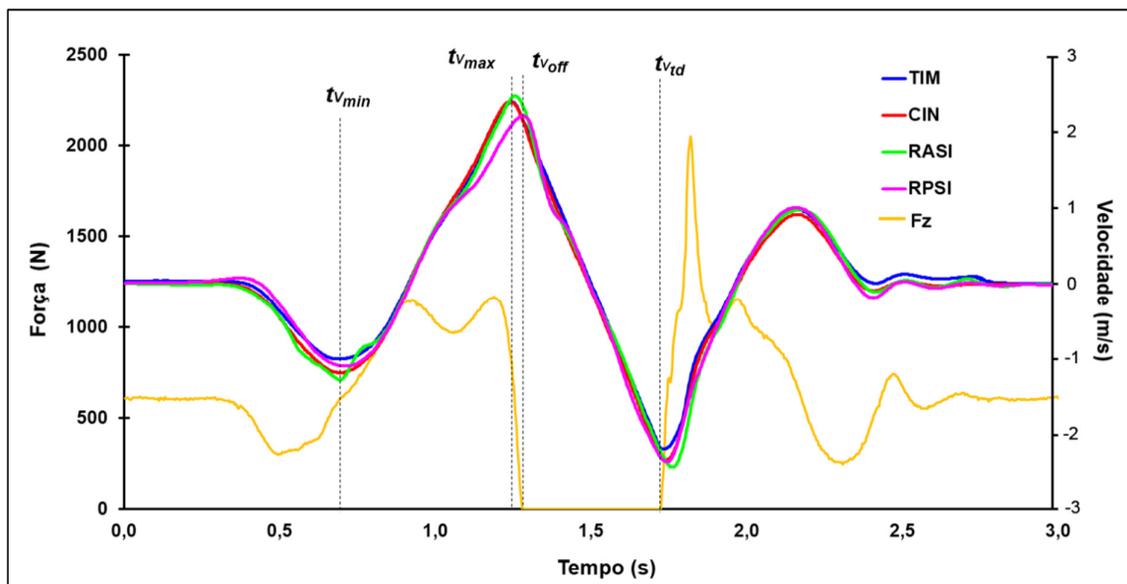
#### *4.1.1 Confiabilidade e acurácia dos procedimentos nos saltos que iniciam em uma posição estática*

De acordo com o objetivo 1, em relação a confiabilidade, os dados foram analisados separadamente em cada salto, para cada velocidade, calculadas pela cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro, no modelo antropométrico simplificado utilizando um marcador na espinha íliaca ântero superior (RASI) e outro modelo antropométrico simplificado utilizando um marcador na espinha íliaca pósterio superior (RPSI) e comparados pela velocidade calculada pelo teorema impulso-momento nos instantes,  $t_{Vmin}$ ,  $t_{Vmax}$ ,  $t_{Voff}$  e  $t_{Vtd}$ .

A avaliação da confiabilidade dos dados foi calculada através do coeficiente de correlação intraclassa (CCI<sub>1,1</sub>). Para isso foi verificada a confiabilidade intra-sessão, onde as tentativas foram pareadas resultando em 32 pares para o salto com contramovimento e 33 pares para o salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores. A composição dos pares foi organizada utilizando a primeira tentativa pareada com a segunda, a terceira com a quarta e assim sucessivamente. Quando necessário, uma tentativa era excluída de forma aleatória para gerar o número de pares possíveis para cada atleta. No salto com contramovimento a atleta 2 foi excluída do cálculo do CCI e DMI por não ter a quantidade suficiente para formar dois pares. A avaliação da variabilidade do grupo foi calculada pelo EPM a partir de todas as tentativas. Nas tabelas 7 e 8 mostram a estatística descrita dos dados (média e desvio padrão), os valores de CCI e do EPM relativo para o salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores respectivamente.

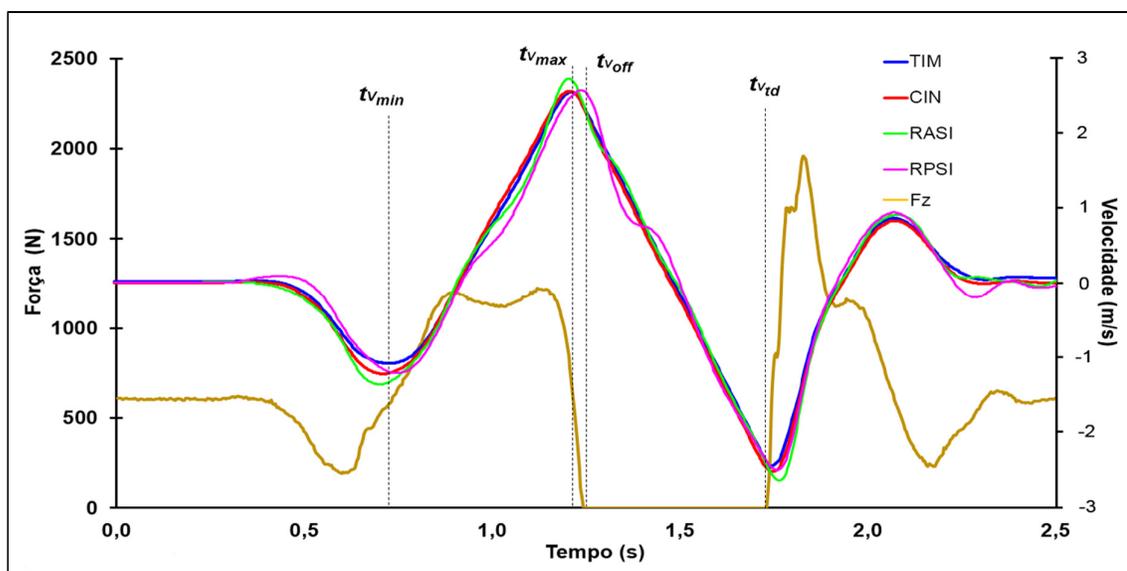
Os gráficos 8 e 9 mostram resultados de um atleta na FRS, e das velocidades calculadas pelo teorema impulso-momento, cinemetria, RASI e RPSI no salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores respectivamente.

**Gráfico 8** – Resultado de uma tentativa de uma atleta no salto com contramovimento.



Fonte: Elaboração própria. Legenda: TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinemetria,  $t_{v_{min}}$ = instante na velocidade mínima.  $t_{v_{max}}$ = instante na velocidade máxima,  $t_{v_{off}}$ = instante na velocidade de decolagem,  $t_{v_{td}}$ = instante na velocidade de aterrissagem. Fz= força de reação do solo vertical, RASI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca ântero superior direita RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca posterior direita.

**Gráfico 9** – Resultado de uma tentativa de uma atleta no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.



Fonte: Elaboração própria. Legenda: TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinemetria,  $t_{v_{min}}$ = instante na velocidade mínima.  $t_{v_{max}}$ = instante na velocidade máxima,  $t_{v_{off}}$ = instante na velocidade de decolagem,  $t_{v_{td}}$ = instante na velocidade de aterrissagem. Fz= força de reação do solo vertical, RASI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca ântero superior direita RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca posterior direita.

**Tabela 7** – Estatística descritiva e valores de confiabilidade e variabilidade do grupo no salto com contramovimento.

Velocidade	SCM	Média (m/s)	Desvio padrão	CCI	<i>p</i>	EPM (%)
$V_{min}$	TIM	-1,175	0,180	0,90	0,001	7,3
	CIN	-1,244	0,220	0,50	0,032	7,6
	RASI	-1,228	0,224	0,82	0,023	25,8
	RPSI	-1,167	0,177	0,85	0,001	11,3
$V_{max}$	TIM	2,381	0,159	0,97	0,001	1,1
	CIN	2,383	0,126	0,97	0,001	1,2
	RASI	2,655	0,137	0,90	0,035	2,8
	RPSI	2,224	0,191	0,96	0,001	2,1
$V_{off}$	TIM	2,231	0,137	0,96	0,001	1,7
	CIN	2,229	0,123	0,95	0,001	1,8
	RASI	2,426	0,161	0,91	0,007	3,5
	RPSI	2,249	0,169	0,93	0,001	2,4
$V_{td}$	TIM	-2,338	0,186	0,93	0,001	2,1
	CIN	-2,350	0,172	0,93	0,001	2,2
	RASI	-2,419	0,209	0,89	0,001	3,6
	RPSI	-2,380	0,164	0,90	0,001	2,6

Fonte: Elaboração própria. Legenda: CCI=Coeficiente de correlação intraclasse, EPM= erro padrão da média, TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinemetria, RPSI= modelo utilizando a espinha ilíaca posterior direita, RASI= modelo utilizando a espinha ilíaca ântero superior, SCM= salto com contramovimento,  $V_{min}$ = velocidade mínima,  $V_{max}$ = velocidade máxima,  $V_{off}$ = Velocidade de decolagem,  $V_{td}$ = velocidade de aterrissagem.

**Tabela 8** – Estatística descritiva e valores de confiabilidade e variabilidade do grupo no salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.

Velocidade	SCMs	Média (m/s)	Desvio padrão	CCI	<i>p</i>	EPM (%)
$V_{min}$	TIM	-1,203	0,181	0,80	0,001	6,5
	CIN	-1,234	0,200	0,85	0,001	7,2
	RASI	-1,324	0,239	0,92	0,002	7,2
	RPSI	-1,241	0,194	0,80	0,001	5,3
$V_{max}$	TIM	2,487	0,207	0,96	0,001	1,6
	CIN	2,523	0,194	0,92	0,001	1,8
	RASI	2,718	0,104	0,82	0,001	3,4
	RPSI	2,504	0,217	0,85	0,001	3,3
$V_{off}$	TIM	2,420	0,230	0,96	0,001	2,1
	CIN	2,430	0,154	0,93	0,001	2,2
	RASI	2,604	0,157	0,87	0,001	3,9
	RPSI	2,571	0,196	0,89	0,001	2,9
$V_{td}$	TIM	-2,553	0,179	0,91	0,001	2,1
	CIN	-2,592	0,175	0,91	0,001	2,5
	RASI	-2,703	0,233	0,90	0,001	2,8
	RPSI	-2,656	0,216	0,90	0,001	2,6

Fonte: Elaboração própria. Legenda: CCI=Coeficiente de correlação intraclasse, EPM= erro padrão da média, TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinemetria, RPSI= modelo utilizando a espinha ilíaca posterior direita, RASI= modelo utilizando a espinha ilíaca ântero superior, SCMs= salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores,  $V_{min}$ = velocidade mínima,  $V_{max}$ = velocidade máxima,  $V_{off}$ = Velocidade de decolagem,  $V_{td}$ = velocidade de aterrissagem.

Em relação a acurácia foi utilizado o valor da DMI foi calculada a partir do valor do EPM absoluto e do número de dados amostrais, a partir da tabela do escore z. Assim, a equação para determinar a DMI foi:  $DMI = EPM \times 2,042 \times \sqrt{2}$ . A DMI foi calculada para cada procedimento nos quatro instantes nos salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores. A diferença individual foi calculada após o pareamento aleatório das tentativas de cada atleta, onde, o valor da diferença individual foi a média das diferenças de cada par. As tabelas 9 e 10 apresentam os valores das variações individuais e a DMI para nos salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores respectivamente.

**Tabela 9** – Valores da variação individual e diferença mínima individual no salto com contramovimento.

Variação individual das velocidades do CG por atleta em m/s											
SCM		1	3	4	5	6	7	8	9	10	DMI
$V_{min}$	TIM	0,019	0,025	0,065	0,056	0,047	0,052	0,063	0,088	0,013	<b>0,247</b>
	CIN	0,013	0,034	0,016	0,044	0,050	0,223	0,049	0,081	0,024	<b>0,275</b>
	RASI	0,057	0,249	0,042	0,049	0,077	0,030	0,070	0,090	0,106	<b>0,920</b>
	RPSI	0,061	0,029	0,021	0,064	0,004	0,042	0,139	0,138	0,029	<b>0,384</b>
$V_{max}$	TIM	0,027	0,023	0,063	0,011	0,037	0,005	0,038	0,018	0,025	<b>0,088</b>
	CIN	0,028	0,029	0,058	0,013	0,036	0,001	0,042	0,001	0,035	<b>0,079</b>
	RASI	0,029	0,074	0,036	0,040	0,059	0,022	0,080	0,100	0,141	<b>0,216</b>
	RPSI	0,035	0,032	0,014	0,022	<b>0,147*</b>	0,010	0,064	0,034	0,026	<b>0,138</b>
$V_{off}$	TIM	0,035	0,048	0,070	0,008	0,067	0,000	0,049	0,027	0,010	<b>0,120</b>
	CIN	0,055	0,058	0,051	0,049	0,045	0,007	0,044	0,003	0,001	<b>0,115</b>
	RASI	0,088	0,131	0,025	0,082	0,126	0,004	0,051	0,001	0,125	<b>0,244</b>
	RPSI	0,048	0,011	0,064	0,059	<b>0,198*</b>	0,037	0,040	0,042	0,003	<b>0,163</b>
$V_{td}$	TIM	0,024	0,067	0,089	0,002	0,115	0,014	0,049	0,089	0,067	<b>0,145</b>
	CIN	0,026	0,053	0,098	0,029	<b>0,124*</b>	0,010	0,073	0,053	0,077	<b>0,099</b>
	RASI	0,024	0,035	0,174	0,048	0,213	0,008	0,059	0,090	0,123	<b>0,258</b>
	RPSI	0,062	0,043	0,083	0,047	0,050	0,029	0,049	0,081	0,088	<b>0,182</b>

Fonte: elaboração própria. Legenda: DMI= diferença mínima individual, TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinematria, RASI= modelo utilizando a espinha ilíaca ântero superior, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca posterior direita, SCM= salto com contramovimento,  $V_{min}$ = velocidade mínima,  $V_{max}$ = velocidade máxima,  $V_{off}$ = Velocidade de decolagem,  $V_{td}$ = velocidade de aterrissagem. \* Variação individual maior que a DMI.

**Tabela 10** – Valores da variação individual e diferença mínima individual no salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.

		Variação individual das velocidades do CG por atleta em m/s										
SCMs		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DMI
$V_{min}$	TIM	0,220	0,040	0,188	0,055	0,169	0,035	0,068	0,039	0,063	0,084	<b>0,229</b>
	CIN	0,070	0,107	0,138	0,004	0,174	0,634	0,051	0,048	0,111	0,092	<b>0,256</b>
	RASI	0,142	0,073	0,163	0,051	0,072	<b>0,761*</b>	0,062	0,014	0,071	0,108	<b>0,276</b>
	RPSI	0,103	0,008	0,124	0,082	0,050	<b>0,670*</b>	0,083	0,041	0,004	0,078	<b>0,191</b>
$V_{max}$	TIM	0,093	0,052	0,062	0,068	0,028	0,020	0,043	0,008	0,040	0,010	<b>0,134</b>
	CIN	0,051	0,070	0,021	0,109	0,024	0,007	0,028	0,012	0,006	0,006	<b>0,122</b>
	RASI	0,028	0,033	0,037	0,169	0,003	0,090	0,089	0,012	0,025	0,080	<b>0,269</b>
	RPSI	0,080	0,004	0,013	0,196	0,001	<b>0,259*</b>	0,035	0,011	0,036	0,031	<b>0,243</b>
$V_{off}$	TIM	0,101	0,076	0,087	0,059	0,066	0,018	0,040	0,004	0,034	0,028	<b>0,147</b>
	CIN	0,058	0,098	0,034	0,112	0,057	0,001	0,032	0,007	0,012	0,028	<b>0,159</b>
	RASI	0,016	0,058	0,007	0,161	0,031	0,054	0,088	0,054	0,046	0,002	<b>0,297</b>
	RPSI	0,104	0,037	0,009	0,166	0,043	0,161	0,043	0,034	0,032	0,007	<b>0,220</b>
$V_{td}$	TIM	0,067	0,011	0,011	0,115	0,028	0,014	0,047	0,000	0,066	0,032	<b>0,187</b>
	CIN	0,054	0,032	0,002	0,116	0,019	0,024	0,055	0,019	0,050	0,027	<b>0,159</b>
	RASI	0,015	0,059	0,000	0,070	0,027	0,066	0,087	0,000	0,008	0,048	<b>0,226</b>
	RPSI	0,052	0,019	0,007	0,109	0,002	0,030	0,119	0,062	0,014	0,057	<b>0,203</b>

Fonte: elaboração própria. Legenda: DMI= diferença mínima individual, TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinematria, RASI= modelo utilizando a espinha ilíaca ântero superior, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca posterior direita, SCMs= salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.  $V_{min}$ = velocidade mínima,  $V_{max}$ = velocidade máxima,  $V_{off}$ = Velocidade de decolagem,  $V_{td}$ = velocidade de aterrissagem. \* Variação individual maior que a DMI.

Nas tabelas 9 e 10 pode ser verificado que todas as variações individuais são menores que a DMI com exceção da atleta 6. A DMI é utilizada para verificar alterações no desempenho quando indivíduos são submetidos a sessões de treinamento (CLAUDINO *et al.*, 2012). No entanto, essa medida serviu também para verificar se a variação do indivíduo é menor que o erro aleatório. Uma vez que, um dos objetivos desse estudo foi verificar a validade entre procedimentos, essa atleta foi excluída dessa análises por apresentar variações individuais maiores que a DMI no salto com contramovimento e no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.

#### 4.1.2 Validade entre os procedimentos nos saltos que iniciam em uma posição estática

De acordo com o objetivo 1, especificamente no cálculo da validade entre os procedimentos, os dados foram analisados para cada velocidade em cada procedimento. A velocidade do CG calculada pelo teorema impulso-momento foi utilizada como referência para a validação com os procedimentos calculados pela cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro e os dois modelos antropométricos simplificados utilizando um marcador na espinha íliaca ântero superior (RASI) e outro na espinha íliaca pósterio superior (RPSI), nos instantes,  $t_{Vmin}$ ,  $t_{Vmax}$ ,  $t_{Voff}$  e  $t_{Vtd}$ .

Para verificar a validade entre os procedimentos, foi utilizado método descrito por Bland – Altman (BLAND; ALTMAN, 1999). Para gerar esse gráfico é preciso não haver diferenças estatisticamente significativas no viés entre a cinemetria, RASI e RPSI em relação ao teorema impulso-momento. Essas diferenças foram calculadas pelo Teste – t de amostra única para cada velocidade. As tabelas 11 e 12 mostram os resultados de significância para o viés entre os procedimentos no salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores respectivamente.

**Tabela 11** – Valores de significância do viés calculado pelo Teste – t entre as variáveis no salto com contramovimento.

Velocidade	Diferença entre métodos		p
$V_{min}$	TIM	CIN	0,189
		RASI	0,449
		RPSI	0,768
$V_{max}$	TIM	CIN	0,925
		RASI	0,001*
		RPSI	0,001*
$V_{off}$	TIM	CIN	0,889
		RASI	0,001*
		RPSI	0,538
$V_{td}$	TIM	CIN	0,413
		RASI	0,002*
		RPSI	0,068

Fonte: Elaboração própria. Legenda: TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinemetria, RASI= modelo utilizando a espinha íliaca ântero superior, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha íliaca posterior direita,  $V_{min}$ = velocidade mínima,  $V_{max}$ = velocidade máxima,  $V_{off}$ = Velocidade de decolagem,  $V_{td}$ = velocidade de aterrissagem, SCM= salto com contramovimento. \*Diferenças significativas no viés ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 12** – Valores de significância do viés calculado pelo Teste – t entre as variáveis no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.

<b>Velocidade</b>	<b>Diferença entre métodos</b>	<b>p</b>
$V_{min}$	<b>MCIN</b>	0,038*
	<b>RASI</b>	0,006*
	<b>RPSI</b>	0,091
$V_{max}$	<b>MCIN</b>	0,627
	<b>RASI</b>	0,001*
	<b>RPSI</b>	0,974
$V_{off}$	<b>MCIN</b>	0,629
	<b>RASI</b>	0,001*
	<b>RPSI</b>	0,004*
$V_{td}$	<b>MCIN</b>	0,071
	<b>RASI</b>	0,001*
	<b>RPSI</b>	0,024*

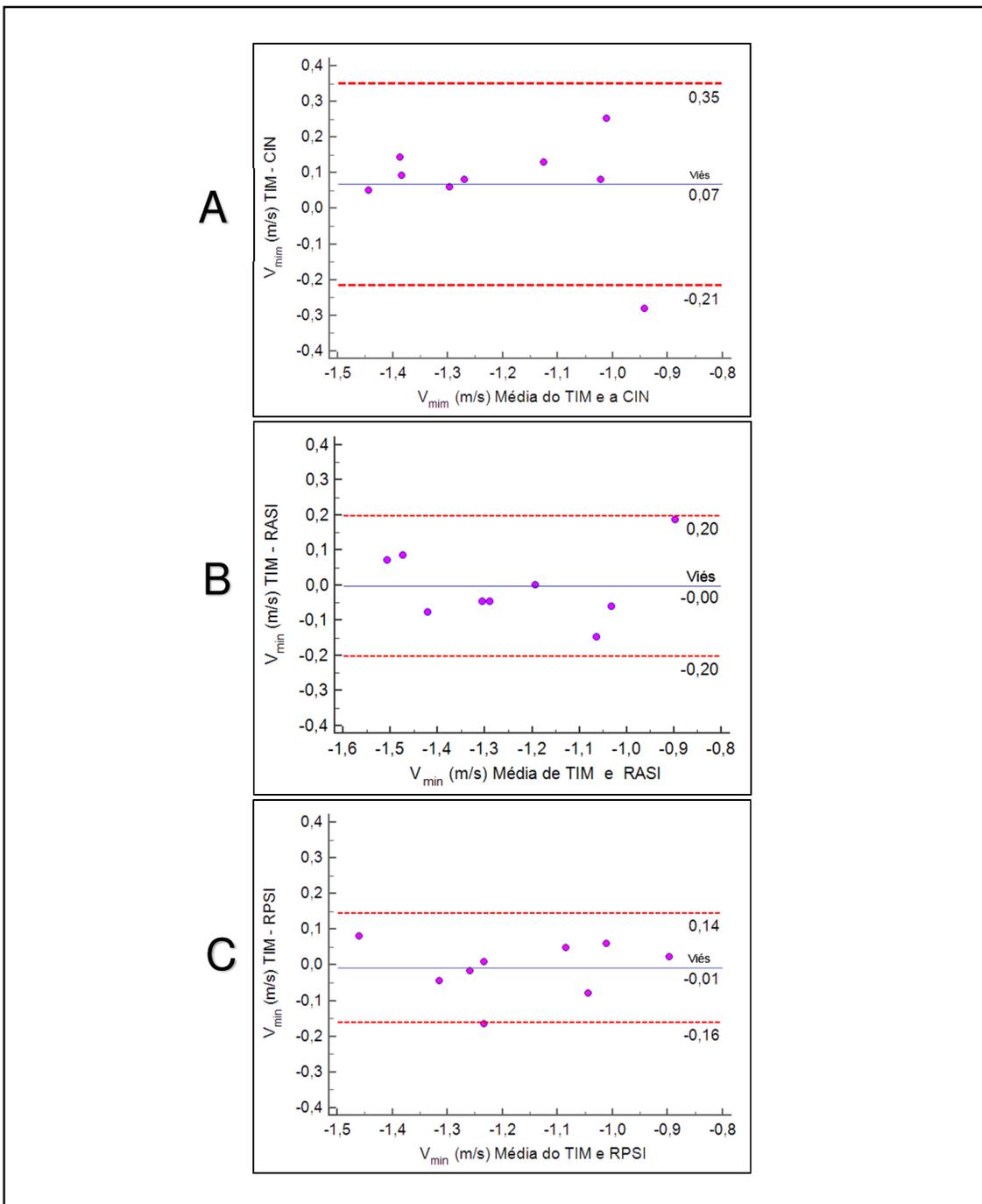
Fonte: Elaboração própria. Legenda: TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinemetria, RASI= modelo utilizando a espinha íliaca ântero superior RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha íliaca posterior direita,  $V_{min}$ = velocidade mínima,  $V_{max}$ = velocidade máxima,  $V_{off}$ = Velocidade de decolagem,  $V_{td}$ = velocidade de aterrissagem, SCM= salto com contramovimento. \*Diferenças significativas no viés ( $p \leq 0,05$ ).

A partir dos resultados das tabelas 11 e 12, apenas nas comparações que não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas foram utilizadas para gerar o gráfico de Bland – Altman.

#### 4.1.2.1 Gráficos de Bland – Altman nos saltos que iniciam em uma posição estática

No salto com contramovimento, na velocidade mínima são apresentados os gráficos de Bland – Altman entre o teorema impulso-momento, a Cinemetria, e os modelos antropométricos simplificados RASI e RPSI no gráfico 10.

**Gráfico 10** – Bland – Altman na velocidade mínima entre o teorema impulso-momento e a cinematria (A), o teorema impulso-momento e RASI (B) e teorema impulso-momento e RPSI no salto com contramovimento.

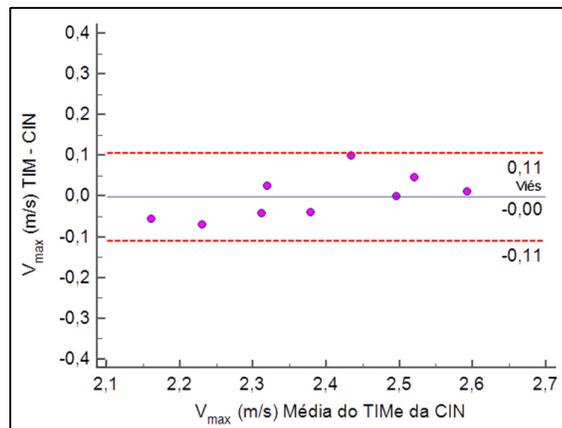


Fonte: Elaboração própria. Legenda: TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinematria,  $V_{\min}$ = velocidade mínima. RASI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha íliaca ântero superior direita RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha íliaca posterior direita Os gráficos mostram os valores do viés (linha central em azul) que representa o erro entre os procedimentos. As linhas pontilhadas em vermelho representam os 95% dos limites de concordância relativo a um desvio padrão. No eixo vertical estão as diferenças entre os procedimentos e no eixo horizontal a média das diferenças entre os procedimentos.

No gráfico 10 (A) o viés foi positivo, os limites de concordância foram de 0,56 m/s, que é o somatório do intervalo entre os limites de concordância. Todas as mensurações foram distribuídas dentro desses limites, com exceção de um indivíduo. (B) o viés foi igual a zero, os limites de concordância foram de 0,4 m/s com todas as mensurações distribuídas dentro desses limites. (C) o viés foi negativo e próximo à zero os limites de concordância foram de 0,3 m/s com todas as mensurações distribuídas dentro desses limites.

Na velocidade máxima, no salto com contramovimento de acordo com a tabela 11, apenas os gráficos das comparações entre o teorema impulso-momento e a cinemetria são apresentados no gráfico 11.

**Gráfico 11** – Bland – Altman da velocidade máxima calculada pelo teorema impulso-momento e a cinemetria no salto com contramovimento.

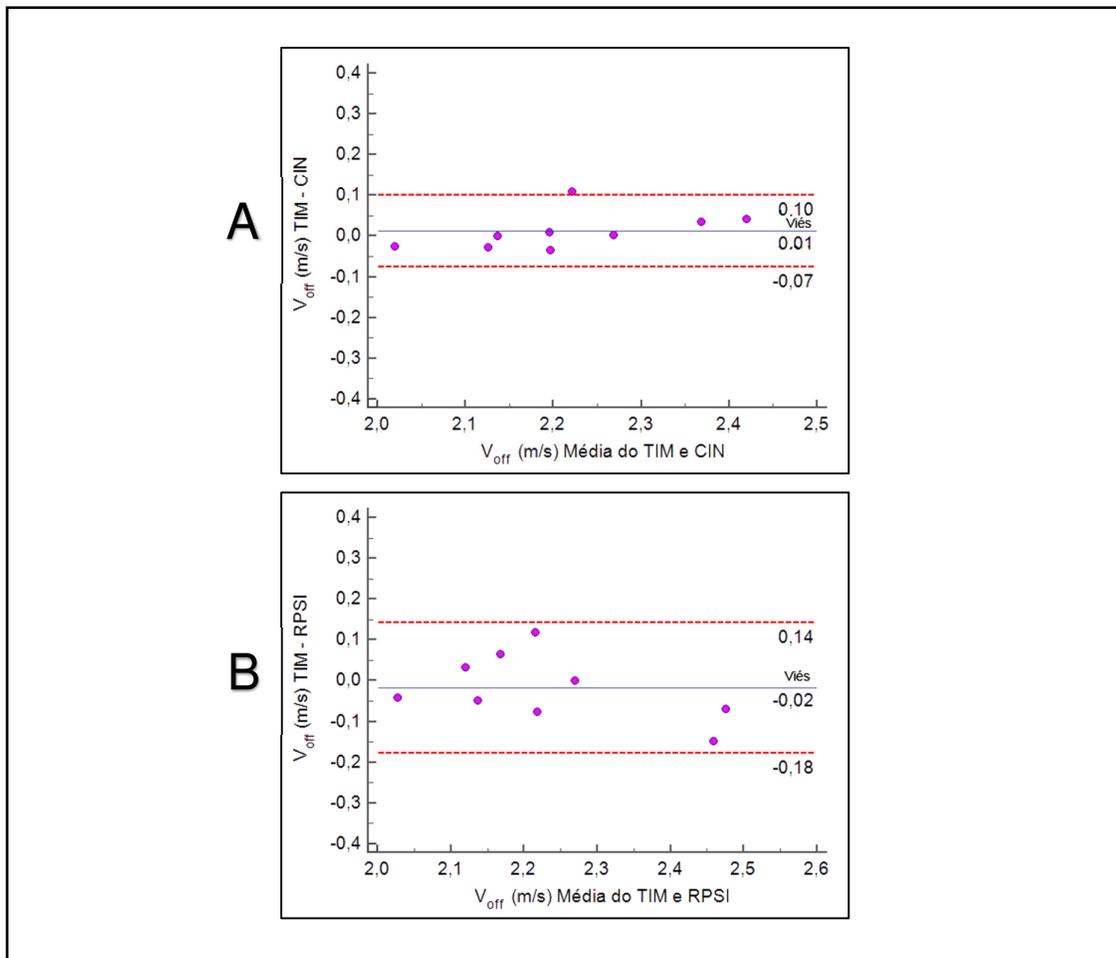


Fonte: Elaboração própria. Legenda: TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinemetria,  $V_{max}$  = velocidade máxima, SCM= salto com contramovimento. O gráfico mostra o valor do viés (linha central em azul) que representa o erro entre os procedimentos. As linhas pontilhadas em vermelho representam os 95% dos limites de concordância relativo a um desvio padrão. No eixo vertical estão as diferenças entre os procedimentos e no eixo horizontal a média das diferenças entre os procedimentos.

No Gráfico 11 o viés foi igual a zero e os limites de concordância foram de 0,22 m/s com todas as mensurações distribuídas dentro desses limites.

Na *velocidade de decolagem* no salto com contramovimento, apenas os gráficos entre o teorema impulso-momento e a cinemetria e entre o teorema impulso-momento e a RPSI são apresentados no gráficos 12.

**Gráfico 12** – Bland – Altman da velocidade de decolagem calculada pelos teorema impulso-momento e a cinemetria (A) e o teorema impulso-momento e RPSI (B) no salto com contramovimento.

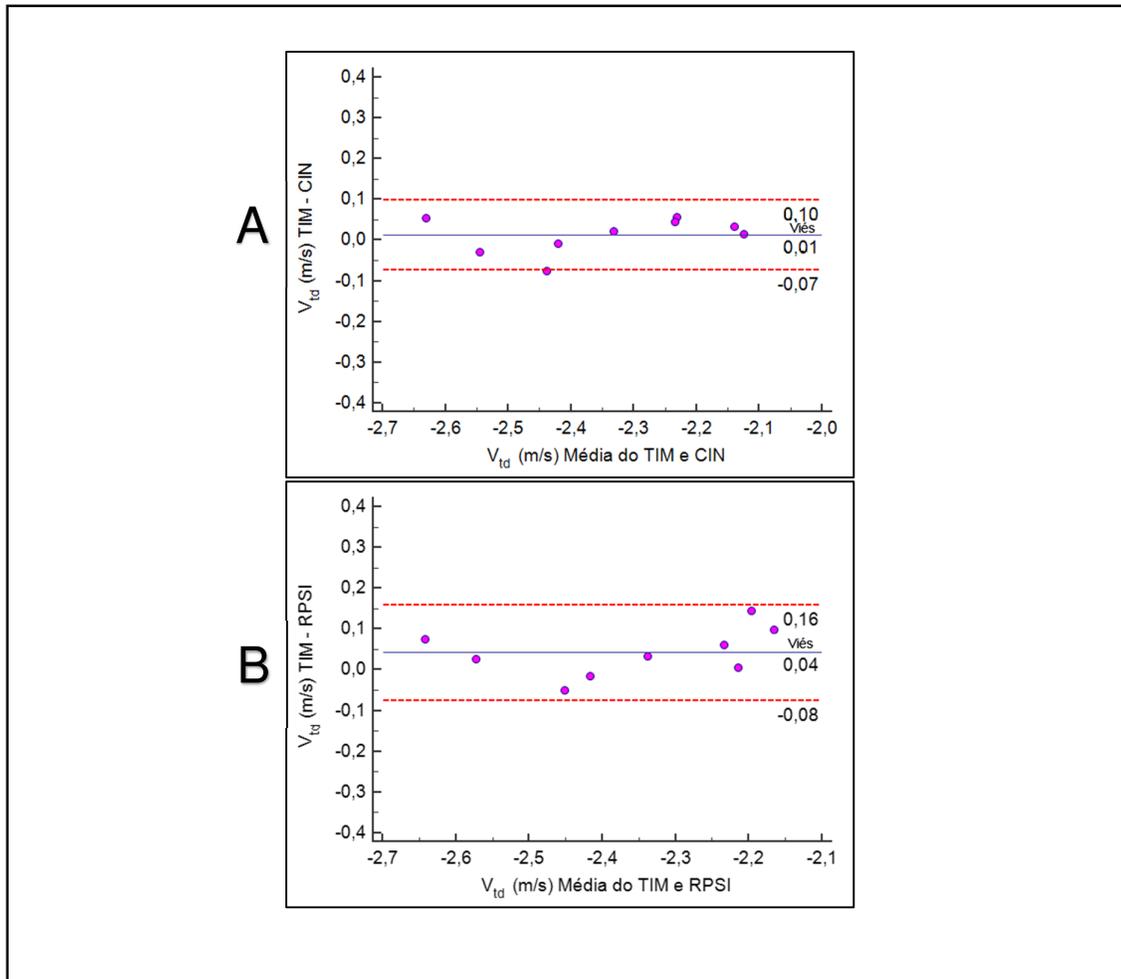


Fonte: Elaboração própria. Legenda: TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinemetria, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca posterior direita  $V_{off}$  = velocidade de decolagem, SCM= salto com contramovimento. O gráfico mostra o valor do viés (linha central em azul) que representa o erro entre os procedimentos. As linhas pontilhadas em vermelho representam os 95% dos limites de concordância relativo a um desvio padrão. No eixo vertical estão as diferenças entre os procedimentos e no eixo horizontal a média das diferenças entre os procedimentos.

No gráfico 12 (A) o viés foi igual a zero e os limites de concordância foram de 0,17 m/s com todas as mensurações distribuídas dentro desses limites. No (B) o viés foi negativo e os limites de concordância foram de 0,32 m/s com todas as mensurações foram distribuídas dentro desses limites.

Na  $V_{td}$ , no salto com contramovimento apenas as comparações entre o teorema impulso-momento e a cinemetria e entre o teorema impulso-momento e RPSI são apresentadas no gráfico 13.

**Gráfico 13** – Bland – Altman da velocidade de aterrissagem calculada pelo teorema impulso-momento e a cinemetria (A) e teorema impulso-momento e RPSI (B) no salto com contramovimento.

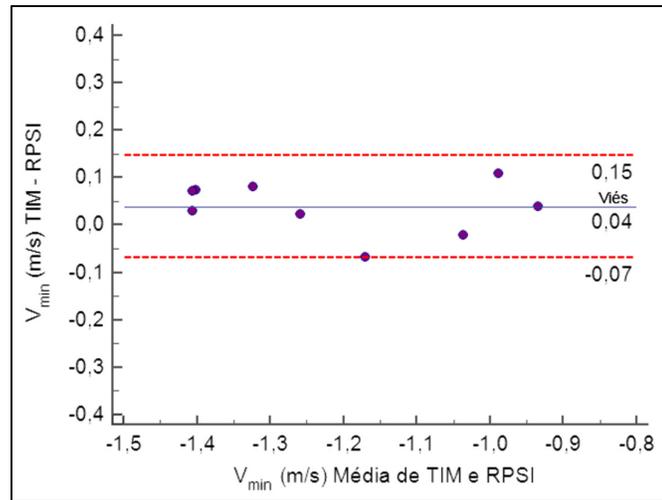


Fonte: Elaboração própria. Legenda: TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinemetria, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca posterior direita,  $V_{td}$ = velocidade de aterrissagem, SCM= salto com contramovimento. O gráfico mostra o valor do viés (linha central em azul) que representa o erro entre os procedimentos. As linhas pontilhadas em vermelho representam os 95% dos limites de concordância relativo a um desvio padrão. No eixo vertical estão as diferenças entre os procedimentos e no eixo horizontal a média das diferenças entre os procedimentos.

No gráfico 13 (A) o viés é zero e os limites de concordância foram de 0,17 m/s com todas as mensurações foram distribuídas dentro desses limites. No (B) o viés é positivo e os limites de concordância foram de 0,24 m/s com todas as mensurações foram distribuídas dentro desses limites.

O gráfico entre o teorema impulso-momento e a RPSI na velocidade mínima no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores é apresentado no gráfico 14.

**Gráfico 14** – Bland – Altman da velocidade mínima calculada teorema impulso-momento e RPSI no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.

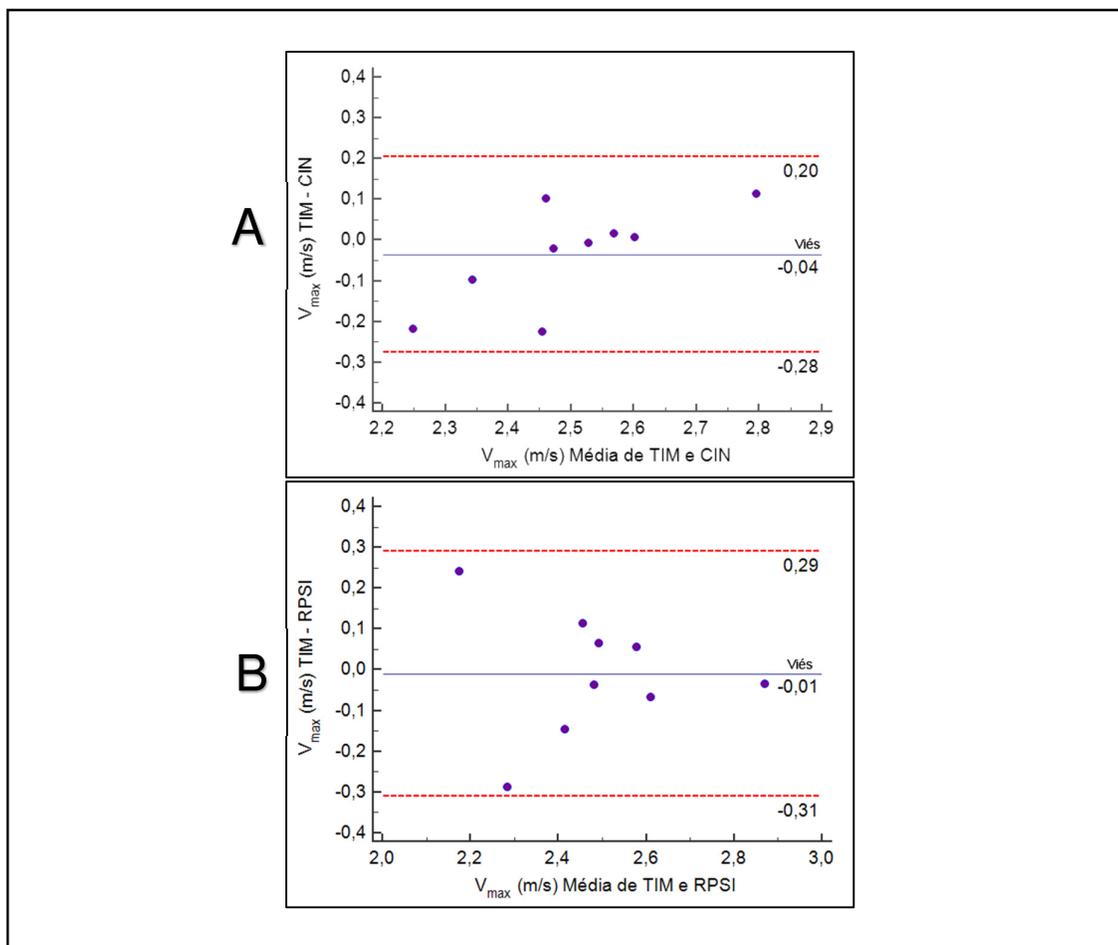


Fonte: Elaboração própria. Legenda: TIM= teorema impulso – momento, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca posterior direita,  $V_{min}$ = velocidade mínima, O gráfico mostra o valor do viés (linha central em azul) que representa o erro entre os procedimentos. As linhas pontilhadas em vermelho representam os 95% dos limites de concordância relativo a um desvio padrão. No eixo vertical estão as diferenças entre os procedimentos e no eixo horizontal a média das diferenças entre os procedimentos.

No gráfico 14 o viés foi positivo e os limites de concordância foram de 0,22 m/s com todas as mensurações distribuídas dentro desses limites.

Na velocidade máxima no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores, apenas as comparações entre o teorema impulso-momento e a cinematria e o teorema impulso-momento e a RPSI são apresentados no gráfico 15 na página seguinte.

**Gráfico 15** – Bland – Altman da velocidade máxima calculada pelo teorema impulso-momento e a cinemetria (A) teorema impulso-momento e RPSI (B) no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.

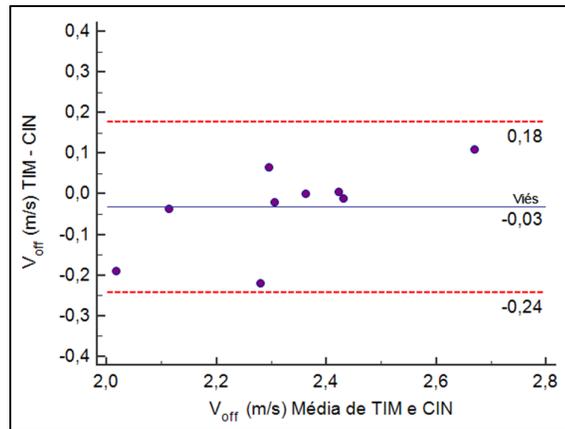


Fonte: Elaboração própria. Legenda: TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinemetria,  $V_{max}$ = velocidade máxima, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ílica posterior direita, O gráfico mostra o valor do viés (linha central em azul) que representa o erro entre os procedimentos. As linhas pontilhadas em vermelho representam os 95% dos limites de concordância relativo a um desvio padrão. No eixo vertical estão as diferenças entre os procedimentos e no eixo horizontal a média das diferenças entre os procedimentos.

No gráfico 15 (A) o viés foi negativo e os limites de concordância foram de 0,48 m/s com todas as mensurações distribuídas dentro desses limites. No (B) o viés é igual a zero e os limites de concordância foram de 0,6 m/s com todas as mensurações distribuídas dentro desses limites.

Na *velocidade de decolagem* no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores apenas as comparações entre o teorema impulso-momento e a cinemetria é apresentada no gráfico 16.

**Gráfico 16** – Bland – Altman da velocidade de decolagem calculada pelos procedimentos TIM e cinemetria no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.

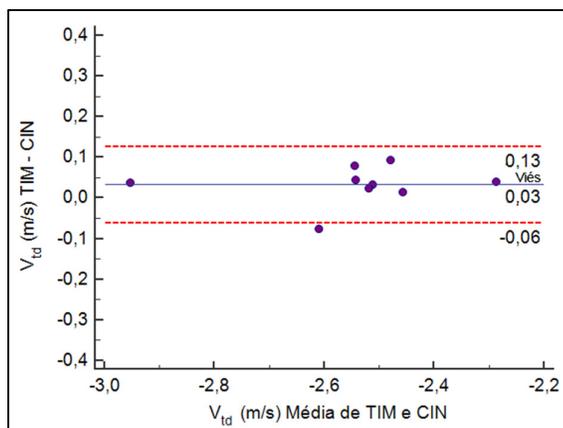


Fonte: Elaboração própria. Legenda: TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinemetria,  $V_{off}$ = velocidade de decolagem. O gráfico mostra o valor do viés (linha central em azul) que representa o erro entre os procedimentos. As linhas pontilhadas em vermelho representam os 95% dos limites de concordância relativo a um desvio padrão. No eixo vertical estão as diferenças entre os procedimentos e no eixo horizontal a média das diferenças entre os procedimentos.

No gráfico 16 o viés foi negativo e os limites de concordância foram de 0,32 m/s com todas as mensurações distribuídas dentro desses limites.

Na  $V_{td}$  no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores apenas as comparações entre o teorema impulso-momento e a cinemetria são apresentados no gráfico 17.

**Gráfico 17** – Bland – Altman da velocidade de aterrissagem calculada pelos teorema impulso-momento e a cinemetria no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.



Fonte: Elaboração própria. Legenda: TIM= teorema impulso – momento, CIN= cinemetria,  $V_{td}$ = velocidade de aterrissagem. O gráfico mostra o valor do viés (linha central em azul) que representa o erro entre os procedimentos. As linhas pontilhadas em vermelho representam os 95% dos limites de concordância relativo a um desvio padrão. No eixo vertical estão as diferenças entre os procedimentos e no eixo horizontal a média das diferenças entre os procedimentos.

No gráfico 17 o viés foi positivo e os limites de concordância foram de 0,18 m/s com todas as mensurações distribuídas dentro desses limites.

#### 4.1.2.2 Proporcionalidade do viés nos saltos que iniciam em uma posição estática

Após análise do gráfico de Bland – Altman foi gerada uma equação de regressão tendo como variável dependente o viés e como variável independente a média entre os valores dos dois procedimentos, com a finalidade de verificar a proporcionalidade do viés. O ponto de interesse foi o valor de significância de cada equação que são apresentados nas tabelas 13 e 14 para o salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores respectivamente.

**Tabela 13** – Valores de significância para a proporcionalidade do viés em relação ao teorema impulso-momento no salto com contramovimento.

SCM	$V_{min}$	$V_{max}$	$V_{off}$	$V_{td}$
CIN	0,081	0,08	0,514	0,414
RASI	0,119	-	-	-
RPSI	0,92	-	0,27	0,322

Fonte: Elaboração própria. Legenda: CIN= cinemetria, RASI= modelo utilizando a espinha ilíaca ântero superior, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca posterior direita, SCM= salto com contramovimento,  $V_{min}$ = velocidade mínima,  $V_{max}$ = velocidade máxima,  $V_{off}$ = velocidade de decolagem,  $V_{td}$ = velocidade de aterrissagem.

**Tabela 14** – Valores de significância para a proporcionalidade do viés em relação ao teorema impulso-momento no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.

SCMs	$V_{min}$	$V_{max}$	$V_{off}$	$V_{td}$
CIN	-	0,532	0,244	0,358
RASI	-	-	-	-
RPSI	0,827	0,671	-	-

Fonte: Elaboração própria. Legenda: CIN= cinemetria, RASI= modelo utilizando a espinha ilíaca ântero superior, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca posterior direita, SCMs= salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores,  $V_{min}$ = velocidade mínima,  $V_{max}$ = velocidade máxima,  $V_{off}$ = velocidade de decolagem,  $V_{td}$ = velocidade de aterrissagem.

#### 4.2 Avaliação do salto de ataque

De acordo com o objetivo 2, esse trabalho teve a intenção de verificar a confiabilidade, acurácia e validade das velocidades dos modelos antropométricos simplificados com a velocidade do centro de gravidade calculada pela cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro, em determinados instantes, durante a execução no salto de ataque. Os dois modelos antropométricos simplificados utilizaram um marcador na espinha ilíaca ântero superior (RASI) e outro modelo um marcador na espinha ilíaca pósterio superior (RPSI), os instantes utilizados foram a,  $t_{Von}$ , e  $t_{Voff}$ , durante a execução do salto de ataque. A velocidade de decolagem, também foi calculada a alteração da velocidade vertical durante a fase de impulsão assumindo que a alteração da velocidade calculada pelo teorema impulso-momento é igual a velocidade de decolagem (sem adicionar o valor da

velocidade no início do impulso). Esse procedimento também será utilizado na validação dos procedimentos combinados.

No salto de ataque os dados nos dois instantes analisados ( $t_{Von}$  e  $t_{Voff}$ ) apresentaram distribuição normal e foram homocedásticos. Para a análise dos dados foi utilizada os valores da média das as tentativas válidas de cada atleta (CRONIN; BRESSEL; FINN, 2008; LI-FANG; GIN-CHANG, 2008; HSIEH; CHRISTIANSEN; PINGATORE, 2010). A tabela 15 mostra o número de tentativas válidas para cada atleta no salto de ataque.

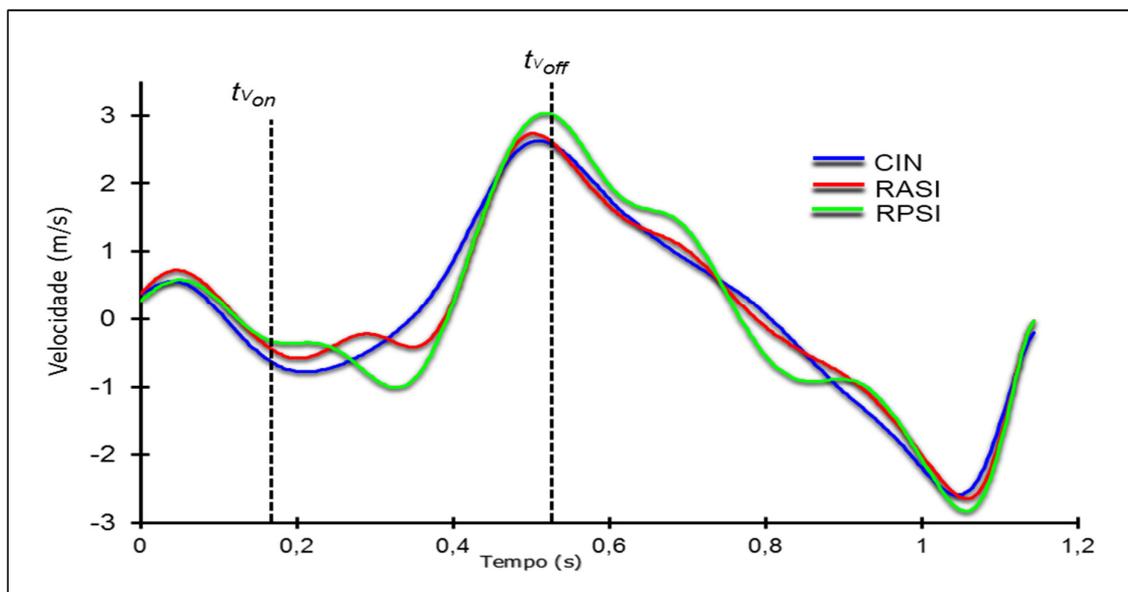
**Tabela 15** – Número de tentativas válidas no salto de ataque.

Atleta	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	Total
Tentativas	9	9	10	12	8	9	8	11	12	10	98

Fonte: Elaboração própria.

O gráfico 18 mostra o resultado de um atleta e os instantes nas velocidades calculadas pelo cinemetria, RASI e RPSI no salto de ataque.

**Gráfico 18** – Resultado de uma tentativa de uma atleta avaliada pela cinemetria no salto de ataque.



Legenda: CIN= cinemetria,  $t_{Von}$ = instante no início da fase de impulsão  $t_{Voff}$ = instante na velocidade de decolagem,  $t_{Vtd}$ = instante na velocidade de aterrissagem. RASI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ílica ântero superior direita RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ílica posterior direita.

#### 4.2.1 Confiabilidade e acurácia dos procedimentos no salto de ataque

De acordo com o objetivo 2 em relação a confiabilidade, os dados foram analisados os valores de velocidade do CG calculados pela cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro e os dois modelos antropométricos simplificados utilizando um marcador na espinha ilíaca ântero superior (RASI) e outro modelo utilizando um marcador na espinha ilíaca póstero superior (RPSI), nos instantes,  $t_{Von}$ , e  $t_{Voff}$ , durante a execução do salto de ataque.

A avaliação da confiabilidade dos dados foi calculada através do coeficiente de correlação intraclassa (CCI<sub>1,1</sub>). Para isso foi verificada a confiabilidade intra-sessão, onde as tentativas foram pareadas resultando em 46 pares. A composição dos pares foi organizada utilizando a primeira tentativa pareada com a segunda, a terceira com a quarta e assim sucessivamente. Quando necessário, uma tentativa era excluída de forma aleatória para gerar o número de pares possíveis para cada atleta. A avaliação da variabilidade do grupo foi calculada pelo EPM a partir de todas as tentativas. A tabela 16 mostra a estatística descrita dos dados (média e desvio padrão), os valores de CCI e do EPM relativo para o salto de ataque. A tabela 16 mostra a estatística descrita dos dados (média e desvio padrão) e os valores de CCI e do EPM para o salto de ataque.

**Tabela 16** – Estatística descritiva, confiabilidade e variabilidade do grupo no salto de ataque.

Velocidade		Média (m/s)	Desvio padrão	CCI	$p$	EPM (%)
$V_{on}$	CIN	-0,919	0,197	0,90	0,001	11,2
	RASI	-0,878	0,278	0,93	0,001	11,6
	RPSI	-0,803	0,263	0,92	0,001	11,4
$V_{off}$	CIN	2,645	0,189	0,94	0,001	2,3
	RASI	2,785	0,245	0,88	0,001	4,4
	RPSI	2,954	0,262	0,68	0,001	7,5
	TIM	3,626	0,280	0,92	0,001	2,0

Fonte: Elaboração própria. Legenda: CCI=Coeficiente de correlação intraclassa, EPM= erro padrão da média; CIN= cinemetria, TIM= teorema impulso – momento, RASI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca ântero superior direita, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca posterior direita,  $v_{on}$ = velocidade no início do impulso,  $v_{off}$  = velocidade de decolagem.

Em relação a acurácia foi utilizado o valor da DMI foi calculada a partir do valor do EPM absoluto e do número de dados amostrais, a partir da tabela do escore z. Assim, a equação para determinar a DMI foi:  $DMI = EPM \times 2,021 \times \sqrt{2}$ . A DMI foi calculada para cada procedimento nos dois instantes no salto de ataque. A diferença individual foi calculada após o pareamento aleatório das tentativas de cada atleta, onde, o valor da diferença individual foi a média das diferenças de cada par. A tabela 17 na página seguinte apresenta os valores da variações individuais e a DMI para o salto de ataque.

**Tabela 17** – Valores da variação individual e da diferença mínima individual para a velocidade no início do impulso e a velocidade de decolagem no salto de ataque.

Salto de ataque.		Variação individual das velocidades do CG por atleta em m/s										
Procedimento		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DMI
$V_{on}$	<b>CIN</b>	0,016	0,067	0,026	0,062	0,273	0,007	0,028	0,052	0,076	0,016	<b>0,300</b>
	<b>RASI</b>	0,033	0,023	0,027	0,042	0,218	0,050	0,071	0,014	0,100	0,033	<b>0,292</b>
	<b>RPSI</b>	0,037	0,014	0,063	0,073	0,247	0,051	0,000	0,123	0,086	0,037	<b>0,256</b>
$V_{off}$	<b>CIN</b>	0,023	0,064	0,013	0,020	0,024	0,010	0,058	0,018	0,018	0,023	<b>0,178</b>
	<b>RASI</b>	0,021	0,101	0,111	0,069	0,054	0,041	0,017	0,273	0,043	0,021	<b>0,349</b>
	<b>RPSI</b>	0,035	0,090	0,066	0,094	0,083	0,011	0,027	0,030	0,014	0,035	<b>0,632</b>
	<b>TIM</b>	0,004	0,131	0,02	0,08	0,06	0,262	0,02	0,029	0,007	0,091	<b>0,258</b>

Fonte: Elaboração própria. Legenda: DMI= diferença mínima individual, CIN= cinemetria, TIM= teorema impulso – momento, RASI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca ântero superior direita, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca pósterio superior direita,  $V_{on}$ = velocidade no início do impulso,  $V_{off}$ = velocidade de decolagem.

Na tabela 17 é possível verificar que todas as variações individuais são menores que a variação máxima permitida pelo erro aleatório para todas as velocidades.

#### 4.2.2 Validade entre os procedimentos no salto de ataque.

De acordo com o objetivo 2, especificamente no cálculo da validade entre os procedimentos, os dados foram analisados para cada velocidade em cada procedimento no salto de ataque. A velocidade do CG calculada pela cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro foi utilizada como referência para a validação com os dois modelos antropométricos simplificados utilizando um marcador na espinha íliaca ântero superior (RASI) e outro marcador na espinha íliaca pósterio superior (RPSI), nos instantes,  $t_{Von}$ , e  $t_{Voff}$  e na  $V_{off}$  calculada pelo teorema impulso-momento.

Para verificar a validade entre os procedimentos, foi utilizado método descrito por Bland – Altman (BLAND; ALTMAN, 1999). Para gerar esse gráfico é preciso não haver diferenças estatisticamente significativas no viés entre os modelos antropométricos simplificados utilizando um marcador na RASI, e outro na RPSI com a cinemetria na velocidade no início do impulso. E nos modelos antropométricos simplificados utilizando um marcador na RASI, outro na RPSI e o teorema impulso-momento com a cinemetria. Na velocidade de decolagem, essas diferenças foram calculadas pelo Teste – T de amostra única para cada velocidade, em relação ao procedimento de referência (cinemetria). A tabela 18 mostra o resultado de significância do viés entre os procedimentos.

**Tabela 18** – Valores de significância do Teste – t para o viés entre as variáveis no salto de ataque.

Velocidade	Diferença entre procedimentos		$p$
$V_{on}$	CIN	RASI	0,370
		RPSI	0,037*
$V_{off}$	CIN	RASI	0,001*
		RPSI	0,001*
		TIM	0,001*

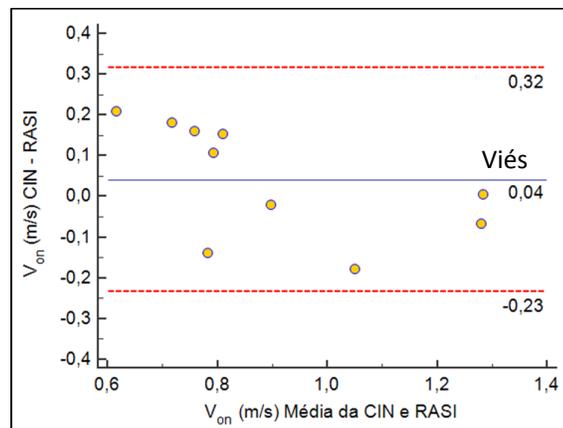
Fonte: Elaboração própria. Legenda: CIN= cinemetria, TIM= teorema impulso – momento, RASI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha íliaca ântero superior direita, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha íliaca pósterio superior direita,  $v_{on}$ = velocidade no início do impulso,  $V_{off}$ = velocidade de decolagem, SA= salto de ataque. \* Diferenças significativas no viés entre os procedimentos ( $p \leq 0,05$ ).

Na velocidade no início do impulso, o procedimento RPSI apresentou diferenças significativas. Na velocidade de decolagem foram encontradas diferenças significativas no viés para todos os procedimentos em relação à cinemetria. A seguir, apenas as comparações em que o viés não foi estatisticamente significativo foram utilizadas para gerar o gráfico de Bland – Altman.

#### 4.2.2.1 Gráfico de Bland – Altman no salto de ataque

Os resultados da concordância entre os modelos antropométricos simplificados RASI e RPSI e a cinemetria são apresentados no gráfico de Bland – Altman. De acordo com a tabela 18, na velocidade no início do impulso apenas o modelo RASI não apresentou diferenças significativa no viés e é apresentado no gráfico 19.

**Gráfico 19** – Bland – Altman da velocidade no início do impulso calculada pela cinemetria e RASI no salto de ataque.



Fonte: Elaboração própria. Legenda: CIN= cinemetria, RASI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca ântero superior direita,  $v_{on}$ = velocidade do CG no primeiro contato na plataforma de força. O gráfico mostra o valor do viés (linha central em azul) que representa o erro entre os procedimentos. As linhas pontilhadas em vermelho representam os 95% dos limites de concordância. No eixo vertical estão as diferenças entre os procedimentos e no eixo horizontal a média das diferenças entre os procedimentos.

No gráfico 19 o viés foi positivo e os limites de concordância entre as duas medidas estão em torno de 0,55 m/s com todas as mensurações distribuídas entre esses limites.

#### 4.2.2.2 Proporcionalidade do viés no salto de ataque

Após análise do gráfico de Bland – Altman foi gerada uma equação de regressão tendo como variável dependente o viés e como variável independente a média entre os valores dos dois procedimentos com a finalidade de verificar a proporcionalidade do viés. Nesse procedimento, ponto de interesse foi o valor de significância de cada equação na qual é apresentada na tabela 19.

**Tabela 19** – Valores de significância do viés calculado pelo Teste – t no salto de ataque, entre a cinemetria e os modelos antropométricos simplificados.

Modelo antropométrico simplificado	$V_{on}$	$V_{off}$
RASI	0,068	-

Fonte: Elaboração própria. Legenda:  $v_{on}$ = velocidade no início do impulso,  $V_{off}$ = velocidade de decolagem, RASI= modelo utilizando a espinha íliaca ântero superior, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha íliaca pósterio superior direita.

#### 4.3 Procedimentos combinados no salto de ataque.

Como o salto de ataque é precedido de uma corrida de aproximação, para calcular a velocidade de decolagem, de acordo com a equação 1, é a soma da velocidade no início do impulso (calculada pela CIN) com a alteração da velocidade vertical (calculada pelo teorema impulso-momento), durante a fase de impulsão do salto de ataque. A partir disso, foi testada a possibilidade de substituir a velocidade no início do impulso do CG calculado pela cinemetria, por modelos antropométricos simplificados. Assim, as possibilidades para o cálculo da velocidade de decolagem utilizando modelos antropométricos combinados são: a velocidade no início do impulso calculada pela velocidade do CG implementado por um modelo antropométrico de corpo inteiro, adicionada à alteração da velocidade vertical (COMB<sub>1</sub>), a velocidade no início do impulso calculada pelo modelo antropométrico simplificado utilizando um marcador na RASI adicionada à alteração da velocidade vertical (COMB<sub>2</sub>), e a velocidade no início do impulso calculada pela velocidade do modelo antropométrico simplificado utilizando um marcador na RPSI adicionada à alteração da velocidade vertical (COMB<sub>3</sub>). O critério utilizado como referência para a comparação dos procedimentos foi a velocidade de decolagem calculada pela

cinematria. O número de tentativas validas para cada atleta foram os mesmos no item 4.2.

Assim, de acordo com o terceiro objetivo, esse trabalho teve a intenção de verificar a confiabilidade, acurácia e validade da velocidade de decolagem calculada por procedimentos combinados com a velocidade calculada pela cinematria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro, no salto de ataque.

#### *4.3.1 Confiabilidade e acurácia dos procedimentos combinados no salto de ataque*

De acordo com o objetivo 3, em relação à confiabilidade, os dados foram analisados para cada procedimento combinado na velocidade de decolagem. A avaliação da confiabilidade dos dados foi calculada através do coeficiente de correlação intraclassa (CCI  $_{1,1}$ ). Para isso foi verificada a confiabilidade intra-sessão, onde as tentativas foram pareadas resultando em 46 pares. A composição dos pares foi organizada utilizando a primeira tentativa pareada com a segunda, a terceira com a quarta e assim sucessivamente. Quando necessário, uma tentativa era excluída de forma aleatória para gerar o número de pares possíveis para cada atleta. A avaliação da variabilidade do grupo foi calculada pelo EPM a partir de todas as tentativas.

A tabela 20 mostra a estatística descrita dos dados (média e desvio padrão), os valores de CCI e do EPM relativo para os procedimento de referência (CIN) e os procedimentos combinados.

**Tabela 20** – Estatística descritiva e valores de confiabilidade e variabilidade nos procedimentos combinados.

Procedimentos	Média da $V_{off}$ (m/s)	Desvio padrão	CCI	$p$	EPM (%)
<b>CIN</b>	2,645	0,189	0,94	0,001	2,3
<b>COMB<sub>1</sub></b> = $V_{on}$ (CG) + $\Delta V_z$	2,662	0,183	0,97	0,001	2,4
<b>COMB<sub>2</sub></b> = $V_{on}$ (RASI) + $\Delta V_z$	2,727	0,142	0,91	0,001	2,5
<b>COMB<sub>3</sub></b> = $V_{on}$ (RPSI) + $\Delta V_z$	2,802	0,194	0,89	0,001	3,4

Fonte: Elaboração própria. Legenda: CIN= cinemetria, RASI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca ântero superior direita, RPSI= modelo antropométrico simplificado utilizando a espinha ilíaca pósterio superior direita,  $v_{on}$ = velocidade no início do impulso,  $V_{off}$ = velocidade de decolagem,  $\Delta V_z$  = alteração da velocidade vertical calculada pelo impulso-momento, COMB<sub>1</sub>= procedimento combinado 1, COMB<sub>2</sub>= procedimento combinado 2, COMB<sub>3</sub>= procedimento combinado 3.

Em relação a acurácia foi utilizado o valor da DMI foi calculada a partir do EPM absoluto e do número de dados amostrais, a partir da tabela do escore  $z$ . Assim, a equação para determinar a DMI foi  $DMI = EPM \times 2,021 \times \sqrt{2}$ . A DMI foi calculada para cada procedimento combinado. A diferença individual foi calculada após o pareamento aleatório das tentativas de cada atleta, onde, o valor da diferença individual foi a média das diferenças de cada par. A tabela 21 na página seguinte apresenta os valores da variações individuais e a DMI para os procedimentos combinados.

**Tabela 21** – Variação individual e da diferença mínima individual para os procedimentos combinados no salto de ataque.

Variação individual das velocidades dos procedimentos combinados por atleta em m/s											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DMI
<b>COMB<sub>1</sub></b>	0,007	0,047	0,034	0,157	0,010	0,034	0,017	0,072	0,042	0,026	<b>0,200</b>
<b><math>V_{off}</math> COMB<sub>2</sub></b>	0,046	0,058	0,080	0,152	0,007	0,081	0,016	0,020	0,106	0,024	<b>0,219</b>
<b>COMB<sub>3</sub></b>	0,038	0,143	0,115	0,131	0,064	0,061	0,052	0,060	0,071	0,014	<b>0,298</b>

Fonte: Elaboração própria. Legenda: DMI= diferença mínima individual,  $V_{off}$ = Velocidade de decolagem, COMB<sub>1</sub>= procedimento combinado 1, COMB<sub>2</sub>= procedimento combinado 2, COMB<sub>3</sub>= procedimento combinado 3.

#### 4.3.2 Validade entre os procedimentos combinados no salto de ataque

De acordo com o objetivo 3, no cálculo da validade entre os procedimentos combinados, a velocidade de decolagem calculada pela cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro foi utilizada como referência para a validação com os procedimentos combinados.

Para verificar a validade entre os procedimentos, foi utilizado método descrito por Bland – Altman (BLAND; ALTMAN, 1999). Para gerar esse gráfico é preciso não haver diferenças estatisticamente significativas no viés entre os procedimentos combinados (COMB<sub>1</sub>, COMB<sub>2</sub>, e COMB<sub>3</sub>) com a cinemetria. Essas diferenças foram calculadas pelo Teste – T de amostra única para cada velocidade, em relação ao procedimento de referência. A tabela 22 na página seguinte mostra os resultados de significância para o viés entre os procedimentos combinados.

**Tabela 22** – Valores de significância do viés calculado pelo Teste – t entre a cinemetria e os procedimentos combinados no salto de ataque na velocidade de decolagem.

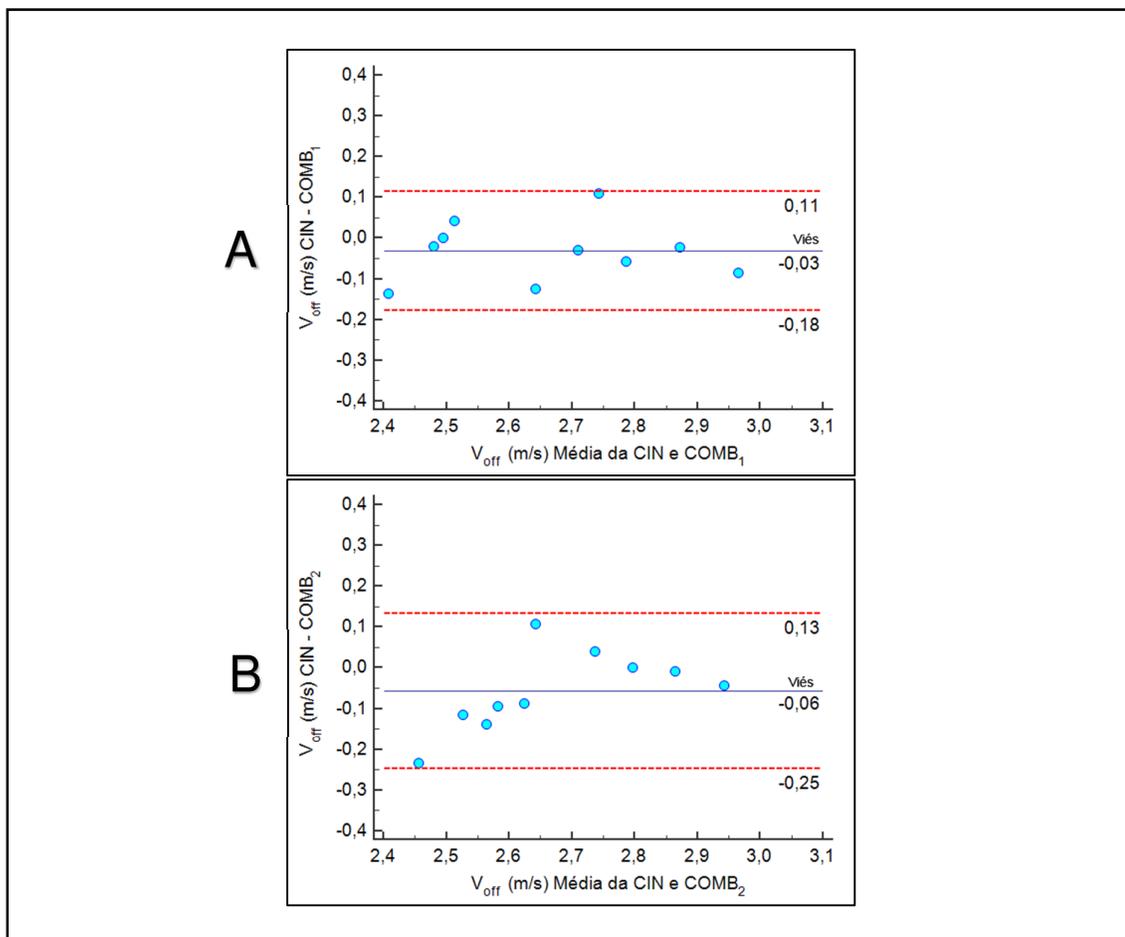
Velocidade	Diferença entre procedimentos	<i>p</i>
<i>V<sub>off</sub></i>	CIN	0,419
	COMB <sub>1</sub>	0,113
	COMB <sub>2</sub>	0,021*

Fonte: Elaboração própria. Legenda: CIN= cinemetria, *V<sub>off</sub>*= velocidade de decolagem, SA=. COMB<sub>1</sub>= procedimento combinado 1, COMB<sub>2</sub>= procedimento combinado 2, COMB<sub>3</sub>= procedimento combinado 3. \* Diferenças significativas para o viés ( $p < 0,05$ ). COMB<sub>4</sub>= procedimento combinado 4.

##### 4.3.2.1 Gráfico de Bland – Altman nos procedimentos combinados no salto de ataque.

Os resultados da concordância dos procedimentos COMB<sub>1</sub> e COMB<sub>2</sub> comparados à cinemetria são apresentados no gráfico de Bland – Altman para a velocidade de decolagem. O gráfico 20, na página seguinte mostra o gráfico de Bland – Altman entre o COMB<sub>1</sub>, o COMB<sub>2</sub> e a cinemetria.

**Gráfico 20** – Bland – Altman entre a cinemetria e o procedimento combinado 1 (A) e entre a cinemetria e o procedimento combinado 2 (B) na velocidade de decolagem do salto de ataque.



Fonte: Elaboração própria. Legenda: CIN= cinemetria, COMB<sub>1</sub>= procedimento combinado 1, COMB<sub>2</sub>= procedimento combinado 2,  $V_{off}$  = velocidade de decolagem. O gráfico mostra o valor do viés (linha central em azul) que representa o erro entre os procedimentos. As linhas pontilhadas em vermelho representam os 95% dos limites de concordância. No eixo vertical estão as diferenças entre os procedimentos e no eixo horizontal a média das diferenças entre os procedimentos.

No gráfico 20 (A) o viés é negativo e próximo a zero, os limites de concordância foram de 0,29 m/s com todas as mensurações distribuídas entre esses limites. No (B) o viés é negativo e os limites de concordância foram de 0,38 m/s com todas as mensurações distribuídas entre esses limites.

#### 4.3.2.2 Proporcionalidade do viés nos procedimentos combinados no salto de ataque

Após análise do gráfico de Bland – Altman foi gerada uma equação de regressão tendo como variável dependente o viés e como variável independente a média entre os valores dos dois procedimentos com a finalidade de verificar a proporcionalidade do viés. Nesse procedimento, ponto de interesse é o valor de significância de cada equação na qual é apresentada na página seguinte, nas tabelas 23 para o procedimento combinado.

**Tabela 23** – Valores de significância para a proporcionalidade do viés entre a cinemetria e os procedimentos combinados no salto de ataque.

	<b>COMB<sub>1</sub></b>	<b>COMB<sub>2</sub></b>
<i>V<sub>off</sub></i>	0,639	0,398

Fonte: Elaboração própria. Legenda: COMB<sub>1</sub>= procedimento combinado 1, COMB<sub>2</sub>= procedimento combinado 2.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesse capítulo, de acordo com os objetivos e hipóteses, nos itens 1.1 e 1.2, serão discutidas a confiabilidade, acurácia e validade em três partes. Na primeira, nos saltos que iniciam em uma posição estática, depois no salto de ataque, e por fim, a aplicação dos procedimentos combinados no salto de ataque.

### 5.1 Os saltos que iniciam em uma posição estática

Em relação aos critérios de desempenho, os resultados para a velocidade de decolagem, do nosso trabalho, foram menores em relação aos que avaliaram a execução do salto com contramovimento em jogadoras de voleibol (VAVERKA *et al.*, 2016; NEWTON *et al.*, 2006; HAKKINEN, 1993). Essas diferenças ocorreram provavelmente por diferenças na condição física dessas atletas, uma vez que, esses autores avaliaram os saltos calculado pelo teorema impulso-momento. No salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores, a altura do salto, no nosso trabalho foi menor em jogadoras de voleibol relatadas por Ferris *et al.*(1995) e Barnes *et al.* (2009). Essas diferenças ocorreram pelo uso de diferentes procedimentos para a análise, que avaliam a altura máxima do alcance em vez da altura do salto.

A hipótese 1 do nosso estudo, era que a velocidade do centro de gravidade calculada pela cinemetria implementada por modelo antropométrico de corpo inteiro e por modelos antropométricos simplificados apresentarão confiabilidade, acurácia e validade com a velocidade calculada pelo teorema impulso – momento nos diferentes instantes, durante a execução dos saltos com contramovimento com e sem o auxílio de membros superiores.

#### 5.1.1 Confiabilidade e acurácia dos procedimentos nos saltos que iniciam em uma posição estática

Apesar do salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores fazerem parte de testes frequentes em jogadores de voleibol (ZIV; LIDOR, 2010), uma atleta apresentou diferenças individuais maiores que a DMI no salto com contramovimento, na velocidade máxima e velocidade de

decolagem no modelo antropométrico simplificado RPSI e na  $V_{td}$  no procedimento cinemetria. No salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores, na velocidade mínima nos dois modelos antropométricos simplificados RASI e RPSI e na velocidade máxima no modelo antropométrico simplificado RPSI. Essa variação pode estar relacionada a falta de familiarização (CLAUDINO, *et al.*, 2013) dessa atleta, o que resultou em uma inconsistência no rendimento dessa atleta durante a execução desses saltos. No entanto, na execução do SA, a mesma atleta não apresentou diferenças individuais maiores que a DMI.

#### 5.1.1.1 O salto com contramovimento

No salto com contramovimento, a maioria das variáveis apresentaram valores de CCI classificados entre “alto” e “muito alto”. Essa classificação concorda com os resultados apresentados por Markovic *et al.* (2004) e Slinde *et al.* (2008). Os resultados de confiabilidade foram maiores no nosso estudo e apresentaram maior acurácia no teorema impulso-momento comparados aos resultados relatados por Slomka *et al.* (2017), no entanto, esses autores utilizaram como variável a altura do salto calculada pelo tempo de voo pela plataforma de força.

Na velocidade mínima o CCI apresentou uma classificação “moderada”, na cinemetria. Essa classificação pode estar relacionada às estratégias individuais de cada atleta, na fase descendente do salto. O fato dos indivíduos iniciarem o salto em uma posição estática, permite que cada atleta execute a fase descendente de forma própria (KIM; PARK; CHOI, 2014). O instante em que o indivíduo atinge a velocidade mínima é dependente da variação das amplitudes articulares, dos membros inferiores na fase descendente e demanda maior controle do indivíduo, para acelerar e depois frear o movimento. Isso pode repercutir em uma maior variação vertical do deslocamento do CG no qual foi observado, no maior valor no desvio padrão, nessa velocidade, para esse procedimento.

Outro aspecto que pode contribuir para a diminuição da confiabilidade na cinemetria pode estar relacionado aos erros que ocorrem no modelo cinemático *Plug-In Gait* em relação ao cálculo realizado pelo teorema impulso-momento, quando o CG está na posição mais baixa durante o salto (STREET *et al.*, 2001). Segundo esse autor, como os modelos antropométricos são baseados em segmentos rígidos, isso geraria

erros no cálculo da posição do CG, em comparação ao teorema impulso-momento, na fase descendente devido a flexão do segmento do tronco. Nessa posição, o comprimento desse segmento diminui provocando erros na posição do CG. Esse erro, também foi relatado por Palazzi, Williams e Bourbon (2013), que ao comparar o teorema impulso-momento com a cinemetria, encontraram maiores erros na posição mais baixa do CG. Na velocidade mínima os modelos antropométricos simplificados RASI e RPSI apresentaram valores de CCI classificados como “altos” no entanto, apresentaram acurácia menor que o teorema impulso-momento com a cinemetria, com o modelo RASI apresentando o valor mais baixo de acurácia entre os saltos.

Na velocidade máxima todos os procedimentos apresentaram os valores de CCI classificados como “muito altos”. Os valores de EPM indicam que o teorema impulso-momento nessa velocidade apresentou a maior acurácia que os outros procedimentos. Entre os modelos antropométricos simplificados o modelo RASI apresentou a menor acurácia em relação ao teorema impulso-momento.

Na velocidade de decolagem, todos os procedimentos apresentaram valores de CCI classificados como “muito altos”. O que concorda com valores encontrados por Harman *et al.* (1990). Como existe uma relação entre a velocidade de decolagem e a altura do salto, ao observar os critérios de rendimento no salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores, no nosso estudo o teorema impulso-momento foi o procedimento com maior confiabilidade e maior acurácia nesses dois saltos. SLOMKA *et al.* (2017) relatou que a cinemetria apresentou maiores valores de confiabilidade que o teorema impulso-momento no salto com contramovimento. Isso ocorreu provavelmente porque todos os procedimentos calcularam a altura do salto pelo tempo de voo, o que superestima esses valores (CASTAGNA *et al.*, 2013).

Na velocidade de aterrissagem o teorema impulso-momento, cinemetria e RPSI apresentaram valores de CCI classificados como “muito altos” enquanto o procedimento RASI apresentou valor de CCI classificado como “alto”. Os valores de EPM indicam que o teorema impulso-momento nessa velocidade apresentou maior acurácia que os outros procedimentos. Entre os modelos antropométricos a RASI apresentou o maior erro em relação ao teorema impulso-momento.

### 5.1.1.2 O salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores

No salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores, os procedimentos apresentaram valores de CCI entre “alto” e “muito alto” o que concorda com os resultados apresentado por Ayán-pérez *et al.* (2017). Na velocidade mínima o teorema impulso-momento, cinemetria e RPSI apresentaram valores de CCI “altos” enquanto que na RASI “muito altos”. Todavia, na os valores de velocidade mínima apresentaram valores de confiabilidade altos, isso discorda dos resultados de (RICHTER *et al.*, 2012) que demonstraram uma diminuição na confiabilidade do salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores em relação ao salto com contramovimento.

No procedimento cinemetria ao contrário do que ocorreu na salto com contramovimento, valor de CCI foi considerado “alto”. Isso concorda com valores encontrados por Leporace *et al.* (2013). O fato da mesma velocidade ter apresentado resultados de CCI maiores, pode estar relacionado as características específicas entre os saltos em relação às amplitudes articulares, no tronco e membros inferiores (BLACHE; MONTEIL, 2013), uma vez que no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores o uso dos membros superiores durante nos saltos nos treinos e partidas de voleibol é um movimento natural em comparação com o salto com contramovimento.

Na velocidade máxima na calculada pela cinemetria, o valores de CCI foram classificados como “muito altos”, enquanto que nos procedimentos RASI e RPSI foram classificados como “altos”. Os valores de EPM indicam que o teorema impulso - momento nessa velocidade apresentou maior acurácia que os outros procedimentos e que, entre os modelos antropométricos a RASI apresentou ser o menos preciso em relação ao teorema impulso- momento.

Na velocidade de decolagem, apenas o teorema impulso-momento, obteve a classificação do CCI “muito alto”. Isso concorda com valores relatados por Slinde *et al.* (2008) e Harman *et al.* (1990). A cinemetria, RASI e a RPSI apresentaram valores de CCI classificados como “altos”. Os valores de EPM indicam que o teorema impulso-momento nessa velocidade apresentou a maior acurácia em relação aos outros procedimentos e que entre os modelos antropométricos a RASI foi o menos preciso em relação ao teorema impulso-momento.

Na velocidade de aterrissagem, todos os procedimentos apresentaram valores CCI classificados como “muito altos”. Os valores de EPM indicam que o teorema impulso-momento nessa velocidade apresentou maior acurácia que os outros procedimentos e que entre os modelos antropométricos a RASI apresentou o maior erro em relação ao teorema impulso-momento.

De forma resumida, no salto com contramovimento o cálculo da velocidade pelo teorema impulso-momento foi o procedimento com maior confiabilidade e acurácia. A cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro apresentou confiabilidade e acurácia para todas as velocidades com exceção da velocidade mínima. Parece que utilizar modelos antropométricos simplificados ocasionou uma diminuição no valor de confiabilidade e maiores valores do EPM. Isso concorda com os resultados relatados por Halvorsen *et al.* (2009) para a corrida, e em saltos com mudanças de direção (VANRENTERGHEM *et al.*, 2010), no entanto, no nosso estudo, os valores de confiabilidade utilizando os modelos antropométricos simplificados foram muito discretos. O salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores apresentou dados semelhantes sem a exceção na velocidade mínima.

### *5.1.2 Validade entre os procedimentos nos saltos que iniciam em uma posição estática*

Os resultados da validade entre os procedimentos serão discutidos de acordo com a combinação entre os procedimentos: teorema impulso-momento com a cinemetria, teorema impulso-momento com a RASI e teorema impulso-momento com RPSI nos saltos com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.

#### *5.1.2.1 O salto com contramovimento*

No salto com contramovimento, as velocidades calculadas pelo teorema impulso-momento e a cinemetria, não apresentaram diferenças significativas no viés em nenhuma das velocidades. Na velocidade mínima o gráfico de Bland – Altman o viés apresentou o valor de 0,07 m/s, que foi a maior diferença no viés entre os

procedimentos apresentou um indivíduo abaixo do intervalo de confiança, com o intervalo de deslocamento vertical que variou entre -0,21 e 0,35 m/s, sem apresentar proporcionalidade no viés mostrando que para essa velocidade esse procedimento foi válido com o teorema impulso-momento. O valor do viés no nosso estudo foi menor que o relatado por Palazzi, Williams e Bourdon (2013). Apesar de avaliarem a posição do CG na fase descendente, esses autores utilizaram a posição vertical mais baixa do CG que ocorre após a velocidade mínima.

Na velocidade máxima, o gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância que variaram entre -0,11 e 0,11 m/s. o viés foi igual a zero, sem apresentar proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com o teorema impulso-momento.

Na velocidade de decolagem, O gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância que variaram entre -0,07 e 0,10 m/s. O viés foi de 0,01 m/s, sem apresentar proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com o teorema impulso-momento. A partir do valor da velocidade de decolagem, ao aplicarmos a da equação 2, determinamos a altura do salto. As diferenças na altura do salto com contramovimento entre os procedimentos foi de 0,1 cm, menores que os apresentados por Aragón-Vargas (1996), Kibele (1998) e MOIR (2008). A razão para isso ocorreu por esses autores avaliarem o salto utilizando um modelo antropométrico em que o tronco, cabeça e os membros superiores seriam um único segmento (KIM; KIM, 2011; DOMIRE; CHALIS, 2015), isso poderia aumentar o erro entre a posição do CG calculada pela cinemetria em comparação ao teorema impulso-momento. Como na cinemetria os modelos antropométricos assumem que os segmentos são rígidos, ao acrescentar os membros superiores e a cabeça ao tronco, a posição do CG poderia apresentar diferenças na sua posição, em relação ao CG calculado pelo teorema impulso-momento. Assim, a medida em que esse segmento flexiona e estende durante a execução dos saltos resultaria em uma maior diferença entre esses procedimentos. Nesse sentido, os nossos resultados foram semelhantes aos relatados por Palazzi, Williams e Bourdon (2013) para a diferença na altura do salto, certamente por esses autores utilizarem o mesmo modelo antropométrico do nosso estudo.

Na velocidade de aterrissagem, o gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância que variaram entre -0,07 e 0,10 m/s. O viés foi de 0,01 m/s, sem apresentar proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com o teorema impulso-momento. O estudo de Palazzi, Williams e Bourdon (2013) apresentou valores no viés maiores que o nosso nesse instante para a posição do CG calculados pelo teorema impulso-momento e a cinemetria, no entanto, também apresentaram validade entre os procedimentos.

Entre o teorema impulso-momento e o modelo RASI, não foram encontradas diferenças significativas no viés apenas na velocidade mínima. Em relação a essa velocidades do CG calculada pelo teorema impulso-momento em comparação ao modelo antropométrico simplificado RASI, o gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância, que variaram entre -0,20 e 0,20 m/s. O viés foi igual a zero, sem apresentar proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com o teorema impulso-momento.

Na velocidade máxima, foram encontradas diferenças significativas no viés mostrando que nessa velocidade, esse procedimento não foi válido com o teorema impulso-momento. Isso ocorreu porque apesar da RASI estar próxima ao CG na posição ereta, este ponto está numa posição mais anterior ao CG, e mais distante do eixo de rotação da pelve (articulação sacro - espinhal), com isso, os movimentos de anteversão e retroversão do quadril aumentam o deslocamento vertical desse ponto anatômico nos dois tipos de salto. Como no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores existe uma maior amplitude na flexão do tronco relação ao salto com contramovimento (LEES *et al.*, 2004) isso repercute no deslocamento do ponto RASI verticalmente superestimando a velocidade máxima em comparação ao CG calculado pelo teorema impulso-momento.

Na velocidade de decolagem ao utilizar a equação 2, a diferença entre o modelo RASI e o teorema impulso-momento na altura do salto foi de 4,6 cm, apresentando a maior diferença entre os procedimentos.

Entre o teorema impulso-momento e o RPSI, em relação as velocidades do CG calculadas pelo teorema impulso-momento foram encontradas diferenças significativas no viés apenas na velocidade máxima.

Na velocidade mínima o gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância que variaram entre -0,16 e 0,14 m/s. O viés foi de -0,01 m/s, sem apresentar proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com o teorema impulso-momento.

Na velocidade de decolagem, o gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância, que variaram entre -0,18 e 0,14 m/s. O viés foi de -0,02 m/s, sem apresentar proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com o teorema impulso-momento. A partir do valor da velocidade de decolagem, ao aplicarmos a da equação 2, determinamos a altura do salto. Apesar de apresentar maior valor no viés em relação ao cinemetria, o modelo RPSI não apresentou proporcionalidade podendo ser utilizado em substituição ao CG calculado pelo teorema impulso-momento no cálculo da altura do salto. A diferença entre os procedimentos RPSI e teorema impulso-momento correspondem a 0,2 cm no salto com contramovimento.

Essa diferença foi menor que os estudos que utilizaram modelos antropométricos simplificados por um marcador no sacro, (RANAVOLO *et al.*, 2008), no entanto, neste estudo, os saltos não apresentavam uma fase com contramovimento e a execução era dependente de um determinado ritmo, logo a amplitude no deslocamento vertical do marcador foi menor no nosso estudo, porém, os autores utilizaram um modelo em que o tronco, cabeça e membros superiores são um único segmento, o que provocaria maiores erros no cálculo da posição do CG. No estudo de Dias *et al.* (2011) esses autores relataram valores maiores para o viés porque a frequência de aquisição da câmera utilizada foi baixa, o que pode provocar erros na determinação do instante em que o executante atingiu a altura do salto. O valor de viés do estudo de Vanreenterghem *et al.* (2010) também foi maior que o nosso estudo na execução de saltos horizontais e com mudanças de direção. Isso ocorreu porque a tarefa foi diferente, dos autores não terem dado ênfase na altura do salto. Essas diferenças podem também estar relacionadas ao fato que ao compararmos diferentes procedimentos devemos levar em consideração as diferentes tarefas motoras e não esperar que os resultados sejam semelhantes em atividades com diferentes características (RANAVOLO *et al.*, 2008).

Na velocidade de aterrissagem, o gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância que variaram entre -0,08 e 0,16 m/s. O

viés foi de -0,04 m/s, sem apresentar proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com o teorema impulso-momento.

#### 5.1.2.2 O salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores

No salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores, entre o teorema impulso-momento e a cinemetria foram encontradas diferenças significativas apenas no viés na velocidade mínima. Essa ausência de concordância nessa velocidade se deu provavelmente devido a maior amplitude no movimento do tronco (LEES; VANRENTERGHEM; DE CLERCQ, 2004) que poderia influenciar amplitude da pelve (BLACHE; MONTEIL,2013).

Na velocidade máxima, o gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância que variaram entre -0,28 e 0,20 m/s. O viés foi de -0,04 m/s, sem apresentar proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com o teorema impulso-momento.

Na velocidade de decolagem, o gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância que variaram entre -0,24 e 0,18 m/s. O viés foi de -0,03 m/s, sem apresentar proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com o teorema impulso-momento. A partir da velocidade de decolagem, ao aplicarmos a da equação 2 foi determinada a altura do salto. As diferenças foram de 0,8 cm. Esse valor foi menor que o estudo de Farahani *et al.* (2016). Esses autores, avaliaram o salto agachado com auxílio dos membros superiores, na validação de um modelo antropométrico diferente do modelo que utilizamos no nosso estudo, isso certamente contribuiu para a diferença no valor do viés.

Na velocidade de aterrissagem, o gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância que variaram entre -0,06 e 0,13 m/s. O viés foi de 0,03 m/s, sem apresentar proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com o teorema impulso-momento.

Entre o teorema impulso-momento e RASI foram encontradas diferenças significativas no viés para todas as velocidades mostrando que esse modelo antropométrico simplificado não foi válido com o teorema impulso-momento. O

posicionamento do marcador na espinha íliaca antero superior apresentou ser muito suscetível ao movimento da pelve. Nesse salto os valores desse modelo superestimou todos os valores de velocidades e dessa forma, não pode ser utilizado para avaliar os critérios de rendimento no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores.

Entre teorema impulso-momento e RPSI não foram encontradas diferenças significativas no viés apenas na velocidade mínima e na velocidade máxima. Em relação as velocidades do CG calculadas pelo teorema impulso-momento e comparadas ao modelo antropométrico simplificado RPSI, Na velocidade mínima, o gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância que variaram entre -0,07 e 0,15 m/s. O viés foi de 0,04 m/s, sem apresentar proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com o teorema impulso-momento.

Na velocidade máxima o gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância que variaram entre -0,31 e 0,29 m/s. O viés foi de -0,01 m/s, sem apresentar proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com o teorema impulso-momento.

Foram encontradas diferenças significativas no viés entre o teorema impulso-momento e RPSI na velocidade de decolagem. Ao utilizar a equação 2, a diferença entre o modelo RPSI e o teorema impulso-momento no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores foi de 3,8 cm. No entanto, um dos motivos para que essa diferença tenha ocorrido apenas no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores foi devido a maior amplitude do movimento do tronco e estendendo mais rápido e mais cedo em relação ao salto com contramovimento (FELTNER; FRASCHETTI; CRISP; 1999). Existe também um maior tempo na fase de aceleração sem repercutir no tempo total da execução do salto (RITCHER *et al.*, 2012; VAVERKA *et al.*, 2016). O maior movimento do tronco e o quadril aumenta o movimento da pelve, que por sua vez, parece superestimar a velocidade do ponto anatômico RPSI em relação à velocidade calculada pelo teorema impulso-momento.

Esses resultados confirmam parcialmente a hipótese 1 do nosso estudo. Em relação à confiabilidade, no salto com contramovimento e no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores, a maioria dos dados apresentaram confiabilidade entre alta e muito alta, com exceção da velocidade mínima na cinemetria no salto com contramovimento. Em relação à acurácia, esta foi maior no salto com contramovimento em comparação ao salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores, com exceção das velocidades mínimas nos dois tipos de salto.

Quanto à validade, o procedimento cinemetria foi válido com o teorema impulso-momento em ambos os saltos, com exceção da velocidade mínima no salto com contramovimento. Quanto à validade dos modelos antropométricos simplificados que utilizam um marcador na RASI e na RPSI, o modelo RASI não apresentou validade com o teorema impulso-momento, com exceção na velocidade mínima no salto com contramovimento e não apresentou validade com o teorema impulso-momento no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores. O modelo antropométrico RPSI foi válido com o teorema impulso-momento no salto com contramovimento podendo substituir o procedimento teorema impulso-momento na avaliação da velocidade de decolagem e na altura do salto. Houve apenas uma exceção no salto com contramovimento, na velocidade máxima no salto com contramovimento. No entanto no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores a RPSI foi válida com o teorema impulso-momento apenas na velocidade mínima e na máxima. Não podendo ser utilizado para substituir o teorema impulso-momento.

## 5.2 O salto de ataque

De acordo com o objetivo 2, esse trabalho teve a intenção de verificar a confiabilidade, acurácia e validade das velocidades dos modelos antropométricos simplificados com a velocidade do centro de gravidade calculada pela cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro, em determinados instantes, durante a execução no salto de ataque.

Em relação aos valores de desempenho no nosso trabalho, a velocidade de decolagem, no nosso estudo foi menor que as relatadas por Iconomou *et al.*

(2013). Esses autores mediram a velocidade de decolagem do CG na execução do saque. Nessa ação, como o número de passos da corrida de aproximação é maior, isso aumenta a velocidade horizontal e por consequência haveria um incremento da velocidade de decolagem. O modelo antropométrico utilizado não foi descrito por esses autores, além disso, a altura do salto foi definida pela diferença entre a posição do CG quando o atleta golpeia a bola e o instante de decolagem.

Em relação à altura do salto, os nossos resultados foram semelhantes aos apresentados por González-Rave *et al.* (2011) e Marques *et al.* (2008). No entanto, os nossos resultados foram menores que os estudos de Ferris *et al.* (1995), Nesser e Demchak (2007) e Cronin, Bressel e Finn (2008). Essa diferença ocorreu devido ao procedimento utilizado por esses autores na avaliação da altura do salto. Esses autores mediram o alcance máximo em vez da altura do salto. O estudo de Buško, *et al.* (2012) relataram valores de altura do salto maiores que no nosso estudo na execução do salto de ataque em três diferentes categorias. Apesar desses autores utilizarem plataforma de força, eles não deixaram claro qual foi o procedimento utilizado para o cálculo da velocidade no início do impulso.

A hipótese 2 do nosso trabalho foi que a velocidade calculada pelos modelos antropométricos simplificados e pelo modelo antropométrico de corpo inteiro apresentarão confiabilidade, acurácia e serão válidas, nos determinados instantes, durante a execução do salto de ataque.

### *5.2.1 Confiabilidade e acurácia dos procedimentos no salto de ataque*

O EPM foi menor que a DMI para todas as atletas, mostrando que os valores de variação individual foram menores que os limites aceitáveis para o nosso estudo. Isso ocorreu provavelmente porque as atletas são mais familiarizadas com a execução do salto de ataque. Na velocidade no início do impulso, todas as variáveis apresentaram valores de CCI considerados “muito altos” (PORTNEY; WATKINS, 2009). Na velocidade no início do impulso os valores o EPM apresentaram valores de acurácia similares porém maiores que a velocidade de decolagem, no entanto, os erros da cinemetria na velocidade no início do impulso e na velocidade de decolagem não foram maiores que 0,1 m/s. Os modelos antropométricos simplificados na velocidade no início do impulso apresentaram praticamente o

mesmo valor de EPM que o procedimento cinemetria, com valores de acurácia melhores para o modelo RPSI.

Na velocidade de decolagem apenas o procedimento RPSI apresentou valores de CCI considerado “moderado”. Esse valor pode estar relacionado à posição do marcador no modelo antropométrico, como já foi abordado na execução do salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores. Esse marcador entre os modelos antropométricos simplificados, foi o que mais superestimou os valores da velocidade de decolagem no salto de ataque. Na velocidade de decolagem foram encontrados os maiores valores de confiabilidade principalmente no teorema impulso-momento e a cinemetria, o que corrobora com relatos de Sheppard *et al.* (2007) em relação à altura do salto. Em relação aos modelos antropométricos simplificados o modelo RPSI apresentou menor confiabilidade e menor acurácia apenas na velocidade de decolagem.

### *5.2.2 Validade entre os procedimentos no salto de ataque.*

Quanto a validade dos procedimentos de acordo com a hipótese 2, no salto de ataque os resultados da validade entre os procedimentos serão apresentados e discutidos de acordo com as velocidades velocidade no início do impulso e na velocidade de decolagem.

#### *5.2.2.1 Velocidade no início da impulsão no salto de ataque*

Os resultados desse trabalho, de forma geral mostraram que a cinemetria apresentou concordância com o teorema impulso-momento nos salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores. Como na velocidade no início do impulso, o CG tem uma trajetória descendente, que pode ser compreendida como uma aterrissagem, a velocidade de maior interesse em relação a velocidade no início do impulso seria a velocidade de aterrissagem. Como essa velocidade apresentou validade com o teorema impulso-momento e os valores apresentaram confiabilidade e acurácia, a partir disso foi possível testar a possibilidade de utilizar a cinemetria para o cálculo da velocidade no início do impulso. Apesar dos resultados controversos na validade dos modelos

antropométricos simplificados com o teorema impulso-momento, na execução do salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores verificamos que as diferentes ações motoras poderiam influenciar nesses resultados. A partir disso, como o salto de ataque é um salto seguido de uma corrida de aproximação, esses modelos foram utilizados na sua avaliação na velocidade no início do impulso e a velocidade de decolagem.

Entre a velocidade no início do impulso do CG calculada pela cinemetria e do modelo antropométrico simplificado RASI, não foram encontradas diferenças significativas no viés. O gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância que variaram entre -0,23 e 0,32 m/s. O viés foi de 0,04 m/s, sem apresentar proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com a cinemetria.

O modelo antropométrico simplificado RPSI apresentou diferenças significativas no viés quando comparado à cinemetria. A RPSI subestimou o valor da velocidade no início do impulso em comparação ao CG. Essa diferença apenas no modelo que utiliza a RPSI deveu-se à posição do marcador em relação ao CG. Uma vez que, a sua posição é mais posterior em relação ao CG, no entanto, na velocidade no início do impulso, o CG está posicionado anteriormente a segunda vertebra sacral e não na superfície da espinha ilíaca posterior (GARD *et al.*, 2004). Essa diferença na posição entre os marcadores anatômicos e o CG pode gerar erros ao utilizar esse modelo antropométrico simplificado. Outro motivo foi a postura do corpo nesse instante, os marcadores anatômicos fixos na RASI e a RPSI estavam mais anterior e posterior respectivamente em relação ao CG, no entanto, o movimento de anteversão da pelve no início da velocidade no início do impulso fez com que, a RPSI se deslocasse para cima e em direção oposta ao movimento do CG, o que diminui sua velocidade vertical em relação ao CG, ocorrendo de forma inversa com o marcador RASI, porém não resultou em diferenças significativas no viés para esse modelo.

#### 5.2.2.2 *Velocidade de decolagem no salto de ataque*

Ao verificar a validade entre os modelos antropométricos simplificados RASI e RPSI e o teorema impulso-momento com a cinemetria foram encontradas

diferenças significativas no viés em todos os procedimentos, desta forma na velocidade de decolagem, os modelos antropométricos simplificados RASI e RPSI não apresentaram concordância com a cinemetria e não podem ser utilizados em substituição ao CG. Os resultados mostraram que utilizar apenas um marcador na pelve para calcular a velocidade de decolagem no salto de ataque superestimou a velocidade de 0,14 até 0,369 m/s, resultando em um aumento na altura do salto de 3 a 10 cm.

Os modelos antropométricos simplificados superestimaram os valores da velocidade de decolagem, pelas mesmas razões que ocorreu no salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores, quando o teorema impulso-momento foi comparado ao modelo RPSI nessa mesma velocidade. Isso deveu-se aos movimentos de anteversão da pelve, hiperextensão do tronco e da ação dos membros superiores, resultando na superestimação da velocidade da RPSI. Nesse sentido, o ponto anatômico RASI por se deslocar para baixo, durante a anteversão do quadril apresentou a menor diferença em relação à velocidade do CG, no entanto, não foi o suficiente para que não houvesse diferenças significativas no viés.

Ao utilizar apenas o impulso calculado pelo teorema impulso-momento, assumindo que a alteração da velocidade vertical é igual a velocidade de decolagem, sem adicionar o valor da velocidade no início do impulso, a velocidade de decolagem, a diferença entre a velocidade calculada pela cinemetria foi de 0,983 m/s. Isso resulta em um aumento de 31,4 cm na altura do salto. Isso significa que utilizar apenas o teorema impulso-momento não permite calcular com acurácia o desempenho do salto de ataque. Por sua vez, média na velocidade no início do impulso, calculada pela cinemetria foi de -0,919 m/s mostrando que utilizar os dois procedimentos combinados é uma alternativa para a velocidade de decolagem no salto de ataque.

Esses resultados confirmam parcialmente a hipótese 3 do nosso estudo. Em relação à confiabilidade dos dados, a velocidade no início do impulso apresentou resultados de confiabilidade muito altos. Com exceção do modelo antropométrico RPSI, na velocidade de decolagem, todos os procedimentos apresentaram confiabilidade entre “alta” e “muito alta”. Em relação à acurácia, a velocidade no início do impulso apresentou menor acurácia que a velocidade de decolagem.

Quanto à validade, da velocidade no início do impulso apenas o modelo antropométrico simplificado RASI em relação apresentou validade com a cinemetria,

por outro lado, na velocidade de decolagem, nenhum modelo antropométrico simplificado foi válido com a cinemetria. A velocidade de decolagem calculada da pelo teorema impulso-momento também não apresentou validade com a cinemetria mostrando que utilizar esses modelos e procedimentos não podem ser utilizados em substituição da cinemetria.

### 5.3 Procedimentos combinados no salto de ataque.

A hipótese 3 desse trabalho, foi que a velocidade de decolagem do centro de gravidade calculada pelos procedimentos combinados apresentarão confiabilidade, acurácia e validade com a cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro no salto de ataque.

#### *5.3.1 Confiabilidade e acurácia dos procedimentos combinados no salto de ataque*

O EPM foi menor que a DMI para todas as atletas, mostrando que os valores de variação individual foram menores que o erro aleatório. Os valores da velocidade de decolagem calculados a partir dos procedimentos combinados apresentaram o valores de CCI classificados como “muito alto” para o COMB<sub>1</sub> e COMB<sub>2</sub> e os valores valor de CCI classificados como “alto” para o COMB<sub>3</sub>. Os valores de EPM indicaram que a acurácia do COMB<sub>1</sub> e COMB<sub>2</sub> e a cinemetria são praticamente similares, Por sua vez, o COMB<sub>3</sub> apresentou menor acurácia em relação aos procedimentos combinados, isso ocorreu porque sua velocidade no início do impulso é calculada pelo modelo antropométrico simplificado RPSI, esse apresentou menor confiabilidade apresentou diferenças significativas no viés em comparação com a cinemetria.

#### *5.3.2 Validade entre os procedimentos combinados no salto de ataque*

A velocidade de decolagem calculada pelo COMB<sub>1</sub> quando comparada com a cinemetria, não apresentou diferença significativa no viés. O gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância que variaram entre -0,18 e 0,11 m/s. O viés foi de -0,03 m/s, sem apresentar

proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com a cinemetria.

O procedimento COMB<sub>1</sub> foi o que apresentou o menor viés em relação aos outros procedimentos combinados. No entanto, esse procedimento utiliza a velocidade no início do impulso calculada pelo CG estimado pelo modelo antropométrico de corpo inteiro. Neste caso, não seria necessário utilizar procedimentos combinados para o cálculo da velocidade de decolagem, pois, poderia ser simplesmente a velocidade do CG calculada pela cinemetria, sem a necessidade de calcular velocidade no início do impulso, nem do cálculo da alteração da velocidade vertical. No entanto, a confiabilidade muito alta acurácia e validade com a cinemetria mostrou que, o procedimento combinado pode ser aplicado na avaliação do salto de ataque.

A velocidade de decolagem calculada pelo COMB<sub>2</sub> quando comparada com a cinemetria, não apresentou diferença significativa no viés. O gráfico de Bland – Altman não apresentou nenhum indivíduo além dos limites de concordância que variaram entre -0,26 e 0,13 m/s. O viés foi de -0,06 m/s, sem apresentar proporcionalidade. Isso mostra que para essa velocidade, esse modelo antropométrico foi válido com a cinemetria. Uma vez que, entre os procedimentos combinados, o valor da alteração da velocidade calculada pelo teorema impulso-momento nos dois procedimentos é o mesmo, ao utilizar o COMB<sub>2</sub>, as diferenças médias na velocidade de decolagem foram de 0,083 m/s, o que representa um aumento na altura do salto de 2,2 cm, que para um salto precedido de uma corrida de aproximação e grande velocidade do CG pode ser considerado aceitável.

A velocidade de decolagem calculada pelo COMB<sub>3</sub> quando comparada com a cinemetria foram encontradas diferenças significativas no viés. Ao utilizar o COMB<sub>3</sub>, as diferenças médias foram de 0,157 m/s repercutindo em uma diferença na altura do salto de 4,4 cm. Esse resultado ocorreu porque houve diferenças no viés entre o modelo antropométrico simplificado RPSI e a cinemetria na velocidade no início do impulso. Parece que o fato de haver diferenças significativas no viés, entre os modelos antropométricos simplificados e a cinemetria na velocidade no início do impulso fez com que essa diferença se mantivesse mesmo ao aplicarmos os procedimentos combinados.

Esses resultados confirmam parcialmente a hipótese 3, uma vez que, os procedimentos combinados apresentaram confiabilidade alta e acurácia. Os COMB<sub>1</sub>

e COMB<sub>2</sub> foram válidos com a cinemetria, entretanto, o COMB<sub>3</sub>, não apresentou validade, na estimativa da velocidade de decolagem no salto de ataque.

#### 5.4 Limitações

Um das limitações do nosso estudo foi o tamanho da amostra. Apesar de outros estudos com jogadoras de voleibol apresentarem uma amostra maior que a nossa, por vezes avaliando diferentes categorias foi possível chegar às conclusões que concordaram parcialmente com nossas hipóteses.

Outra questão é que esses resultados são aplicáveis às atletas femininas, que por sua vez apresentam valores de velocidade menores comparados à atletas masculinos. Na execução dos saltos foi considerada apenas a velocidade e a força de reação do solo vertical, apesar do salto de ataque conter também uma componente horizontal, essa foi negligenciada.

Não foi verificada a possível concordância do CG com outros marcadores no quadril como o sacro. Isso ocorreu por causa do tipo de modelo antropométrico utilizado na pelve não possuir esse local de referência.

Estudos futuros ao adotar modelos antropométricos simplificados deverão dedicar maior atenção aos movimentos da pelve durante a execução de saltos e sua influência nos erros ao assumir que o CG estaria posicionado em algum local nesse segmento.

## 7 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que a cinemetria implementada por um modelo antropométrico de corpo inteiro pode ser aplicada na avaliação dos salto com contramovimento e salto com contramovimento com auxílio dos membros superiores e por consequência no salto de ataque. No entanto, o procedimento utilizando um modelo antropométrico simplificado adotando um ponto na RPSI pode ser utilizado para avaliar o desempenho apenas no salto com contramovimento sem o auxílio dos membros superiores.

A aplicação de um modelo antropométrico simplificado utilizando um marcador, na intenção de substituir o CG podem apresentar resultados controversos dependendo do tipo do salto, da sua localização e do instante avaliado.

Os procedimentos combinados são uma alternativa para a avaliação do salto de ataque. Aplicar o procedimento combinado utilizando o modelo antropométrico simplificado, RASI para o cálculo da velocidade no início do impulso, em conjunto o impulso calculado pela plataforma de força mostrou-se similar a cinemetria implementada a um modelo antropométrico de corpo inteiro.

Com o procedimento combinado foi possível determinar o desempenho no salto de ataque, e assim, em estudos futuros, a partir do uso de plataformas de força verificar as assimetrias dinâmicas e as durante a execução do salto de ataque e identificando assim a influência de cada membro no desempenho do salto de ataque.

## REFERÊNCIAS

ACERO, R.; SÁNCHEZ, J.; FERNÁNDEZ-DEL-OLMO, M. Tests of vertical jump: countermovement jump with arm swing and reaction jump with arm swing. **Strength and Conditioning Journal**. v. 34, n.6, 2012.

AMADIO, A. C.; BARBANTI, A. J. **A biodinâmica do movimento humano e suas relações interdisciplinares**. São Paulo: Estação Liberdade EEFUSP, 2000.

AMADIO, A. ÁVILA, A.; GUIMARÃES, A.; DAVID, MOTA, C. BORGES, D. GUIMARÃES, F.; MENZEL, H.; CARMO, J. LOSS, J. SERRÃO, J. SÁ, R.; BARROS, R. Métodos de medição em biomecânica do esporte: descrição de protocolos para avaliação nos centros de excelência esportiva. **Revista brasileira de biomecânica**. v. 3, n. 4. p. 57, 2002.

ARAGÓN-VARGAS, L. Evaluation of four vertical jump tests: methodology, reliability, validity, and accuracy. **Revista Educación**. v. 20, n.1, p. 38, 1996.

AYÁN-PÉREZ, C.; CANCELA-CARRAL, J.; LAGO-BALLESTEROS, J.; MARTÍNEZ-LEMO, I. Reliability of Sargent Jump Test in 4- to 5-Year-Old Children. **Perceptual and Motor Skills**. v. 124, n.1, p. 39–57, 2017.

BACA, A. A comparison of methods for analyzing drop jump. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. p. 437 – 42, 1998.

BAHR, R.; BAHR, I. Incidence of acute volleyball injuries: a prospective cohort study of injury mechanism and risk factors. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 7, n.3, p. 166-71, 1997.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; GLAISTER, M.; LOCKEY, R. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. **Journal of Sports Sciences**. v.33, n.15, p. 1574–79, 2015.

BARNES, J.; SCHILLING, B.; FALVO, M.; WEISS, L.; CREASY A.; FRY, A. Relationship of jumping and agility performance in female volleyball athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.21, n.4, p.1192-6, 2007.

BISSELING, R.; HOF, A.; BREDEWEG, S.; ZWERVER, J.; MULDER, T. Are the take-off and landing phase dynamics of the volleyball spike jump related to patellar tendinopathy? **British Journal of Sports Medicine**. v. 42. p. 483-89, 2013.

BLACHE, Y.; MONTEIL, K.; Effect of arm swing on effective energy during vertical jumping: Experimental and simulation study. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**. v. 23. p. 121 – 9, 2013.

BLAND, J.; ALTMAN, D. Measuring agreement in method comparison studies. **Statistical Methods in Medical Research**. v. 8. p. 135-60, 1999.

BOBBERT, M.; MACKAY, M.; SCHINKELSHOEK, D.; SCHINKELSHOEK, P.; SCHENAU, G. Biomechanical analysis of drop and countermovement jumps **European Journal of Applied Physiology**. v.54, p. 566 - 73. 1986.

BOBBERT, M.; GERRITSEN, K.; LITJENS, M.; VAN SOEST, A. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? **Medicine Science Sports & Exercise**. v.28, n.11, p. 1402-12, 1996.

BUCKTHORPE, M.; MORRIS, J.; FOLLAND, J. Validity of vertical jump measurement devices. **Journal of Sports Sciences**. v. 30, n.1, p. 63–69, 2012.

BUŚKO, K.; MICHALSKI, R.; MAZUR, J.; GAJEWSKI, J. Jumping abilities in elite female volleyball players: Comparative analysis among age categories. **Biology of Sport**. v. 29. p. 317-329, 2012.

BUŚKO, K.; SZULC, A.; KAMIŃSKI, M. Height of jump and maximal power output of the lower limbs in volleyball players. **Journal of Education, Health and Sport**. v. 5, n.9, p. 747-53, 2015.

CASTAGNA, C.; GANZETTI, M.; DITROILO, M.; GIOVANNELLI, M.; ROCCHETTI, A.; MANZI, V. Concurrent validity of vertical jump performance assessment systems. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 27, n.3, p. 761–68, 2013.

CHEN, Y.; HUANG C. Kinematical analysis of female volleyball spike. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS IN SPORTS, 17. **Annals...** Perth, Western Australia, Australia. 1999.

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

CIAPPONI, T.; MCLAUGHLIN, E.; HUDSON, J. The Volleyball Approach: An Exploration of Balance, INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS IN SPORTS, 13 **Annals...** Ontario, Canada, 1995.

CLAUDINO, J.; MEZÊNCIO, B.; SONCIN, R.; FERREIRA, J.; COUTO, B., SZMUCHROWSKI, L. Pre vertical jump performance to regulate the training volume. **International Journal of Sports Medicine**. v. 33, p. 101-7, 2012.

CLAUDINO J., MEZÊNCIO B.; SONCIN, R.; FERREIRA J.; VALADAO, P.; TAKAOI, P.; BIANCO, R.; ROSCHEL, H.; AMADIO A.; SERRÃO, J. Desenvolvimento de um método de familiarização individualizado para saltos verticais. **Revista Brasileira de Medicina e Esporte**. v. 19, n. 5, Set/Out, 2013.

CLAUDINO J., CRONIN, J.; MEZÊNCIO B.; McMASTER, D.; McGUIGAN, M.; TRICOLI, V.; AMADIO A.; SERRÃO, J. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport** v. 20 p. 397–402, 2017.

CLAUSER, E. C.; MCCONVILLE, J. T.; Young Weight, volume and center of mass of segments of the human body, **AMRL Technical Report**. v. 69 - 70, Wright- Patterson Air Force Base, Ohio EUA. 1969.

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

COLEMAN, S., BENHAM, A., NORTHCOTT, S. A three-dimensional cinematographical analysis of the volleyball spike. **Journal of Sport Sciences**. v.11, n.4, p. 295-302. 1993.

COLEMAN, S.; LOBIETTI, R. Landing forces in volleyball spiking and blocking. INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMECHANICS IN SPORTS. 31 **Annals...**Taipei – Taiwan. 2013.

COUTTS, K. Kinetic differences of two volleyball-jumping techniques. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 14, n.1, p. 57-9. 1982.

CRONIN, J.; BRESSEL, E.; FINN, L. Augmented feedback reduces ground reaction forces in the landing phase of the volleyball spike jump. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 17, p. 148-59, 2008.

DAPENA, J. & CHUNG, C.S. Vertical and radial motions of the body during the take-off phase of high jumping. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 20, n.3, p. 290-302. 1986.

DE RUITER, C.; VERMEULEN, G.; TOUSSAINT, H.; de HAAN, A. Isometric knee extensor torque development and jump height in volleyball players. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 39. p. 1336 – 46. 2007.

DELCORE, G.; MATHIEU, W.; SALAZAR, W.; HERNÁNDEZ, J. Comparison between one-leg and two-leg plyometric training on vertical jump performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 30, n.5, p. 109. 1998.

DEMPSTER W. T. **Space requirements of the seated operator**, geometrical, kinematic, and mechanical aspects of the body with special reference to the limbs. 1955 Disponível em: <<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/087892.pdf>> Acesso em 02 jul. 2016.

DEMPSTER, W.; GAUGHRAN, R. Properties of body segments based on size and weight. **American Journal of Anatomy**. v. 120, p. 33-54. 1967.

DIAS, J.; PUPO, J.; BORGES, L.; SANTOS, S.; MORO, A.; BORGES JR, N. Validity of two methods for estimation of vertical jump height. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 25, n.7, p. 2034 – 39. 2011.

DOBBIN, N.; HUNWICKS, R.; HIGHTON, J.; TWIST, C. Validity of a Jump Mat for assessing Countermovement Jump Performance in Elite Rugby Players. **International Journal of Sports Medicine**. v. 38, p. 99–104, 2017.

DOMIRE, Z.; CHALLIS, J. Maximum height and minimum time vertical jump. **Journal of Biomechanics**. v. 48, p. 2865 -70, 2015.

ERDMANN, E.; KOWALCZYK, R. A personalized method for estimating centre of mass location of the whole body based on differentiation of tissues of a multi-divided trunk **Journal of Biomechanics**. v. 48, p. 65–72, 2015.

FARAHANI, S.; ANDERSEN, M.; ZEE, M.; RASMUSSEN, J. Optimization-based dynamic prediction of kinematic and kinetic patterns for a human vertical jump from a squatting position **Multibody System Dynamics**. v.36, n.1, p. 37 – 65, 2016.

FELTNER, M.; HOWARD, J.; VISCONTI, K.; BISHOP, E.; PEREZ, C. Lower extremity kinetics during countermovement (cm) vertical jumps performed with and without an arm swing. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 34, n.5, suplemento 1. p. 253, 2002.

FELTNER, M.; FRASCHETTI, D.; CRISP, R. Upper extremity augmentation of lower extremity kinetics during countermovement vertical jumps. **Journal of Sports Sciences**. v. 17, p. 449–466, 1999.

FERRIS D.; SIGNORILE, J.; CARUSO, J. The relationship between physical and physiological variables and volleyball spiking velocity. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.9, n.1, p. 32-36,1995.

FICKLIN, T.; LUND, R.; SCHIPPER, M. A Comparison of Jump Height, Takeoff Velocities, and Blocking Coverage in the Swing and Traditional Volleyball Blocking Techniques **Journal of Sports Science & Medicine**. v. 13, n.1, p. 78–83, 2014.

FORSELL, C.; HALVORSEN, K. A method for determining minimal sets of markers for the estimation of center of mass, linear and angular momentum. **Journal of Biomechanics**. v. 42, p. 361 – 5, 2009.

FORTHOMME, B. CROISIER, J.L.; CICCARONE, G.; CRIELAARD, JM.; CLOES, M. Factors correlated with volleyball spike velocity. **The American Journal of Sports Medicine**. v. 33, n.10, 2005.

GABBETT, T.; GEORGIEFF, B.; DOMROW, N. The use of physiological, anthropometric and skill data to predict selection in a talent identified junior volleyball squad. **Journal of Sports Science**. v. 25, p. 1337-44, 2007.

GARD, S. MIFF, S.; KUO, A. Comparison of kinematic and kinetic methods for computing the vertical motion of the center of mass during walking. **Human Movement Science**. v. 22, p. 597-610, 2004.

GATHERCOLE, R.; SPORER, B.; STELLINGWERFF, T. Countermovement jump performance with increased training loads in elite female rugby athletes. **International Journal of Sports Medicine**. v. 36, p. 722–728, 2015.

GIAVARINA, D. Understanding Bland – Altman analysis. **Biochemia Medica**. v. 25, n.2, p.141–51, 2015.

GONZALEZ-RAVE, J.; ARIJA, A.; CLEMENTE-SUAREZ, V.; Seasonal Changes in jump performance and body composition in women volleyball players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 25, p. 1492-50, 2011.

GRGANTOV, Z; MILIC, M.; KATIC, R. Identification of explosive power factors as predictors of player quality in young female volleyball players. **Collegium Antropologicum**. v. 37. (Suppl. 2), p. 61–8, 2013.

GULLSTRAND, L.; HAVOLSEN, K.; TINMARK, F.; ERIKSSON, M. NILSON, J. Measurement of vertical displacement in running, a methodological comparison. **Gait & Posture**. v. 30, p. 71-5, 2009.

GÜNTHER, M.; SHOLUKHA, V.; KESSLER; D.; VEIT WANK, V; BLICKHAN, R. Dealing with skin motion and wobbling masses In inverse dynamics. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*. v. 3, n.3, p. 309-35, 2003.

GUTIÉRREZ-DAVILA, M.; CAMPOS, J.; NAVARRO, E. Efecto del retraso del segundo apoyo sobre el impulso en la batida del salto vertical. **European Journal of Human Movement**. v. 16, p. 51-62, 2006.

GUTIÉRREZ-DAVILA, M.; CAMPOS, J.; NAVARRO, E (2009). A comparison of two landing styles in a two foot vertical jump. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n.1, p.325-331, 2009.

HARA, M, SHIBAYAMA A, TAKESHITA D, HAY DC, AND FUKASHIRO S. A comparison of the mechanical effect of arm swing and countermovement on the lower extremities in vertical jumping. **Human Movement Science**. v. 27, p. 636–48, 2008.

HATZE, H. Validity and reliability of methods for testing vertical jump performance. **Journal of Applied Biomechanics**. v. 14, p. 127 – 140, 1998.

HAKKINEN K. Changes in physical fitness profile in female volleyball players during the competitive season. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 33, n.3, p.223-32, 1993.

HALVORSEN, K.; ERIKSSON, M.; GULLSTRAND, L.; TINMARK, F.; NILSSON, J. Minimal marker set for center of mass estimation in running. **Gait & Posture**. v. 30, p. 552–5, 2009.

HARMAN, E.; ROSENSTEIN, M.; FRYKMAN, P.; ROSENSTEIN, R. The effects of arms and countermovement on vertical jumping. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 22, p. 825–833, 1990.

HAY, J. G. **The Biomechanics of Sport Techniques**. 4.ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993.

HIRAKATA, V.; CAMEY, S. Análise de concordância entre métodos de Bland – Altman. **Revista HCPA**. v. 29, n.3, 2009.

HUANG, C.; LIU, G.; SHEU, T. Kinematic analysis of the volleyball back row jump spike. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS IN SPORTS 17. **Annals...** Perth, Western - Australia. 1999.

HUANG, K.; HU, L.; HUANG, C.; SHEU, T.; TSUE, C. kinetic and kinematic differences of two volleyball-spiking jumps. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS IN SPORTS. 20 **Annals...** Cáceres, Spain. 2002.

HSIEH, C.; CASCARINA, S.; PINGATORE, J. Kinetic effect of a four-step and step-close approach in a volleyball spike jump for female athletes. INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMECHANICS IN SPORTS 28. **Annals...** Marquette, Michigan, USA. 2010.

HSIEH, C.; ZACHARY, L. Attack height and jump height for men's volleyball players. INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMECHANICS IN SPORTS 33. Floren Colloud, Mathieu Domalain & Tony Monnet (Editors) **Coaching and Sports Activities**. Poitiers, France, 2015.

HSIEH, C.; CHRISTIANSEN, C. The Effect of Approach on Spike Jump Height for Female Volleyball Players. **International Journal of Sports Science & Coaching**. v.5, n.3, p. 373- 80, 2010.

HOPKINS, W. Bias in Bland – Altman but not regression validity analyses. **Sport Science**. v. 8, p. 42-6, 2004.

ICONOMOU, C.; LAZARIDIS S.; PAPADOPOULOU, S.; IOANNIDIS, T. Biomechanical differences between jump topspin serve and jump float serve of elite Greek female volleyball players. **Medicina Sportiva**, v. 9, n.2, p. 2083-6, 2013.

KHAYAMBASHI, K. Effects of approaches and takeoffs on the vertical jump in volleyball. **Snipes Journal**. v. 9, p. 1-7, 1986.

KIBELE, A. Possibilities and limitations in the biomechanical analysis of countermovement jumps: A methodological study. **Journal of Applied Biomechanics**. v. 14, p. 105-117, 1998.

KIM, Y.K; KIM, Y. H. Intersegmental dynamics of the lower limb in vertical jumps **Journal of Mechanical Science and Technology** v. 25, n.7, p. 1817-22, 2011.

KIM, S.; PARK, S.; CHOI, S. Countermovement strategy changes with vertical jump height to accommodate feasible force constraints. **Journal of Biomechanics**. v. 47, p. 3162–68, 2014.

KOLLIAS, I.; PANOUTSAKOPOULOS, V.; PAPAIKOVOU, G. Comparing jumping ability among athletes of various sports: vertical drop jumping from 60 centimeters. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 18, p. 546–50, 2004.

KUHLMANN, C.; ROEMER, K.; MILANI, T. Lowering velocity of the center of mass during the approach affects jump height in volleyball spike jumps. **Portuguese Journal of Sport Sciences**. v. 11, (suppl. 2), 2011.

LARIVIERE, C.; GAGNON, D. The influence of trunk modelling in 3D biomechanical analysis of simple and complex lifting tasks. **Clinical Biomechanics**. v. 14, p. 449–61, 1999.

LAWSON, B.; STEPHENS T.; DEVOE, D.; REISER, R. Lower-extremity bilateral differences during step-close and no-step countermovement jumps with concern for gender. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 20, n.3, p. 608-19. 2006.

LEARD, J.; CIRILLO, M.; KATSNELSON, E.; KIMIATEK, D.; MILLER, T.; TREBINCEVIC, K.; GARBALOSA, J. C. Validity of two alternative systems for measuring vertical jump height. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 21, n.4, p. 1296–99, 2007.

LEE, E.; ETNYRE, B.; POINDEXTER, H.; SOKOL, D.; TOON, T. Flexibility characteristics of elite female and male volleyball players. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 29, p. 49–51, 1989.

LEES A, VANRENTERGHEM J, DE CLERCQ D. Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. **Journal of Biomechanics**, v. 37, p.1929–1940, 2004.

LEPORACE, G.; PRAXEDES.; PEREIRA, G.; PINTO, S.; CHAGAS, D.; METSAVAHT, L.; CHAME, F. BATISTA, L. Influence of a preventive training program on lower limb kinematics and vertical jump height of male volleyball athletes. **Physical Therapy in Sport**. v. 14, p. 35- 43, 2013.

LEVA, P. Adjustments to zatsiorsky-seluyanov's segment inertia parameters. **Journal of Biomechanics**. v. 29, n.9, p. 1223-30, 1996.

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

LIU, G., HUANG, G., HUANG, C. Effects of different approach lengths of the last stride on volleyballer run up vertical jumps. **Proceedings of Oral Sessions: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS IN SPORTS**, 19. San Francisco, CA: University of San Francisco. 2001.

LOBIETTI, R.; COLEMAN, S.; PIZZICHILLO, E.; MERN, F. Landing techniques in volleyball. **Journal of Sports Sciences**. v. 28, n.13, p. 1469–76, 2010.

LUHTANEN, P.; KOMI, R. Segmental contribution to forces in vertical jump. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. v. 38, p. 181–188, 1978.

LUNET, N.; SEVERO, M.; BARROS, H. Desvio Padrão ou Erro Padrão? **Arquivos de Medicina**. v. 20, n.1. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/am/v20n1-2/v20n1-2a08.pdf>> Acesso em 16 Set. 2016.

MAFFIULETTI, N.; DUGNANI, S.; FOLZ, M. DI PIERNO, E.; MAURO, F. Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 34, p. 1638–44, 2002.

MANN, M. **The Biomechanics of the Volleyball Spike / Attack** 2008. Disponível em:< <http://www.sportsbiomech.com/Books/Biomechanics%20of%20volleyball%20spikes.pdf> f> . Acesso em: 02 jul. 2017.

MARKOVIC, G.; DIZDAR, D.; JUKIC, I.; CARDINALE, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 18, n.3, p. 551-5, 2004.

MARQUES, M. C.; TILLAAR, R.; VESCOVI, J.D.; GONZALEZ-BADILLO, J.; Changes in strength and power performance in elite senior female professional volleyball players during the in-season: a case study. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 22, p. 1147–55, 2008.

MARQUEZ, W.; MASUMURA, M.; AE, M.; ENDO, T.; YASUDA, M. Biomechanical analysis of the spike motion for world-class male volleyball players. INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF BIOMECHANICS IN SPORT. 25. **Annals...** Ouro Preto, Brazil. 2007.

MENZEL, H-J., CHAGAS, M.; SZMUCHROWSKI, L.; ARAUJO, S.; ANDRADE, A.; JESUS-MORALEIDA, F. Analysis of lower limb asymmetries by isokinetic and vertical jump tests in soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.27, n.5, p. 1370-7, 2013.

MCERLAIN-NAYLOR, S., KING, M.A. and PAIN, M. Determinants of countermovement jump performance: a kinetic and kinematic analysis. **Journal of Sports Sciences**. v. 32, n.19, p. 1805-12, 2014.

McMAHON, J.; MURPHY, S.; REJ, S.; COMFORT, P. Countermovement Jump Phase Characteristics of Senior and Academy Rugby League Players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**. v. 12, n.6, p. 803-11, 2016.

McMAHON, J.; REJ, S.; COMFORT, P. Sex Differences in Countermovement Jump Phase Characteristics. **Sports**. v. 5, n.8, 2017.

MELO, S.; SANTOS, S. Antropometria em biomecânica: características, princípios e modelos antropométricos. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**. v. 2, n.1, p. 97-105, 2000.

MIELGO-AYUSO, J.; CALLEJA-GONZALEZ, J.; CLEMENTE-SUAREZ, V.; ZOURDOS, M. Influence of anthropometric profile on physical performance in elite female volleyballers in relation to playing position. **Nutricion Hospitalaria**. v. 31, n.2, p. 849-857, 2015.

MOIR, G. Three different methods of calculating vertical jump height from force platform data in men and women. **Measurement in Physical Education and Exercise Science**. v. 12, p. 207–18, 2008.

MONDAL, P.; BHOWMICK, S. A comparison of selected biomechanical parameters of front row spike between short set and high set ball. **International Journal of Physical Education, Fitness and Sports**. v. 2, n.1, p. 1-5, 2013.

NEWTON, R.; ROGERS, R.; VOLEK, J. HAKKINEN, K.; KRAEMER, W. Four weeks of optimal load ballistic resistance training at the end of season attenuates declining jump performance of women volleyball players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, p.955–961, 2006.

NIBALI, M. L., TOMBLESON, T., BRADY, P. H., & WAGNER, P. (2015). Influence of Familiarization and Competitive Level on the Reliability of Countermovement Vertical Jump Kinetic and Kinematic Variables. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 29, n.10, p. 2827–2835, 2015.

OWEN, N.; WATKINS, J.; KILDUFF, L.; BEVAN, H.; BENNETT, M. Development of a Criterion Method to Determine Peak Mechanical Power Output in a Countermovement Jump. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 28, p. 1552–58, 2014.

PALAZZI, D.; WILLIAMS, B.; BOURDON, P. Accuracy and precision of the kinetic analysis of counter movement jump performance. INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMECHANICS IN SPORTS. **31 Annals...** Taipei – Taiwan, 2013.

PETUSHEK, E.; RICHTER, C.; DONOVAN, D.; EBBEN, W.; WATTS, P.; JENSEN, R. Comparison of 2D video and electrogoniometry measurements of knee flexion angle during a countermovement jump and landing task. **International Sports Engineering Association**. v. 15, p. 159–166, 2012.

PICERNO, P.; CAMOMILLA, V.; CAPRANICA, L. Countermovement jump performance assessment using a wearable 3D inertial measurement unit. **Journal of Sports Sciences**. v. 29, n.2, p.139–146, 2011.

Plug-in Gait Model Details. **Manual data**. Disponível em: < [http://www.irc-web.co.jp/vicon\\_web/news\\_bn/PIGManualver1.pdf](http://www.irc-web.co.jp/vicon_web/news_bn/PIGManualver1.pdf) > Acesso em 23 Ago. 2016.

PORTNEY, L.; WATKINS, M. **Foundations of clinical research: applications to practice**. 3rd. ed. Boston: Prentice Hall, 2009. 467p.

PRSALA, J., Improve Your Spiking in Volleyball, **Volleyball Technical Journal**. v. 7, n.2, p. 57-64, 1982.

RABUFFETTI, M.; BARONI, G. Validation protocol of models for centre of mass estimation. **Journal of Biomechanics**. v. 32, p. 609-13, 1999.

RANA VOLO, A.; DON, R.; CACCHIO, A. SERRÃO, M.; PAOLONI, M. MANGONE, M.; SANTILLI, V. Comparison between kinematic and kinetic methods for computing the vertical displacement of the center of mass during human hopping at different frequencies. **Journal of applied biomechanics**. v. 24, n.3, p. 271 -79, 2008.

RIDGWAY, M.; HAMILTON, N. Spiking technique of elite and recreational female volleyball players. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS IN SPORTS. **9 Annals...** Ames, Iowa - USA. 1991.

RICHTER, A.; RÄPPLÉ, S. KURZ, G.; SCHWAMEDER, H. Countermovement jump in performance diagnostics: Use of the correct jumping technique. **European Journal of Sport Science**. v. 12, n.3, p. 231- 7, 2012.

ROBERTSON, D.; GORDON, E. **Research methods in biomechanics**. Second edition. Human Kinetics. Champaign IL, 2014.

SATTLER, T.; SEKULIC, D.; HADZIC, V.; ULJEVIC, O.; DERVISEVIC, E. Vertical jumping tests in volleyball: reliability, validity, and playing-position specifics. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 26, n.6, p. 1532-38, 2012.

SAUNDER, H. L. **A Cinematographical study of the relationship between speed of movement and available force**. Doctoral dissertation, Texas A & M University, College Station, 1980.

SEYFARTH A.; FRIEDRICHS A.; WANK V.; BLICKHAN R. Dynamics of the long jump. **Journal of Biomechanics**. v. 32, n.12, p.1259-67, 1999.

SPENCE D.; DISCH, J.; FRED, H. COLEMAN, A. Descriptive profiles of highly skilled women volleyball players. **Medicine Science Sports Exercise**. v. 12, p. 299–302, 1980.

STEFANYSHYN, D. & NIGG, B. Contribution of the lower extremity joints to mechanical energy in running vertical jumps and running long jumps. **Journal of Sport Sciences**, v. 16, p.177-186, 1998.

SHAHBAZI, M.; MIRABEDI, A.; GAEINI, A. The volleyball approach: an exploration of run-up last stride length with jump height and deviation in landing. INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMECHANICS IN SPORTS 25. **Annals....** Ouro Preto – Brazil, 2007.

SHAHBAZI, M.; MIRABEDI, A. Correlations between jump height and velocity components of different approach strides in power spiking. INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMECHANICS IN SPORTS. 26. **Annals...** Seoul – Korea. 2008.

SHEPPARD, J.; GABBETT, T.; TAYLOR, K.; DORMAN, J.; LEBEDEV, A.; BORGEAUD, R. Development of a repeated-effort test for elite men's volleyball. **International Journal of Sports Physiology and Performance**. v. 2, p. 292-304, 2007.

SHEPPARD, J.; DINGLEY, A.; JANSSEN, I.; SPRATFORD, W.; CHAPMAN, D.; NEWTON, R. The effect of assisted jumping on vertical jump height in high-performance volleyball players. **Journal of Science and Medicine in Sport**. v. 14, p. 85–89, 2011.

SHETTY, A.; ETNYRE B. Contribution of arm movement to the force components of a maximum vertical jump. **Journal of orthopedic and sports physical therapy**. v. 11, p. 198–201, 1989.

SHIMBA, T. An estimation of center of gravity from force platform data. **Journal of Biomechanics**. v. 17, p. 53 – 60, 1984.

SLINDE, F.; SUBER, C.; SUBER, L.; EDWE'N, C.; SVANTESSON, U. Test - retest reliability of three different countermovement. Jumping tests. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, p. 640-644, 2008.

SŁOMKA, K.; SOBOTA, G.; SKOWRONEK, T.; RZEPKO, M.; CZARNY, W.; JURAS, G. Evaluation of reliability and concurrent validity of two optoelectric systems used for recording maximum vertical jumping performance versus the gold standard. **Acta of Bioengineering and Biomechanics**. v. 19, n. 2, 2017.

STREET, G.; MILAN, S.; BOARD, W.; RASMUSSEN, M.; HENEGHAN, M. Sources of error determining countermovement jump height with the impulse method. **Journal of Applied Biomechanics**. v. 17, p. 43-54, 2001.

TILLMAN, M.; HASS, C. Jumping and landing techniques in elite women's volleyball. **Journal of Sports Science and Medicine**. v. 3, n.1, p. 30-6, 2004.

TILP, M.; WAGNER, H.; MÜLLER, E. Differences in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. **Sport Biomechanics**. v.7, n.3, p. 386-97, 2008.

THIRUNARAYAN, M. KERIGAN, D.; RABUFFETTI, M. CROCE, USAINI, M. Comparison of three methods for estimating vertical displacement of center of mass during level walking in patients. **Gait & Posture**. v. 4, p. 306-14, 1996.

THOMAS, J.; NELSON, J.; SILVERVAN, S. **Research Methods in Physical Activity**. 5. ed. Champaign: Human Kinetics, 2005.

TOKUYAMA, M, OHASHI, H.; IWAMOTO, H.; TAKAOKA, A; OKUBO, M. Individuality and reproducibility in high-speed motion of volleyball spike jumps by phase-matching and averaging. **Journal of Biomechanics**. v. 38, p. 2050–7, 2005.

TSAI, T.; LU, T.; KUO, M.; HSU, H. Quantification of three-dimensional Movement of skin markers relative to the underlying bones during functional activities. **Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications**. v. 21,n.3, p. 223–32, 2009.

VANRENTERGHEM, J.; GORMLEY, D.; ROBINSON, M.; LEES, A. Solutions for representing the whole-body centre of mass in side cutting manoeuvres based on data that is typically available for lower limb kinematics. **Gait & Posture**. v. 31, p. 517–21, 2010.

VAVERKA, F.; JANDAČKA, D.; ZAHRADNÍK, D.; UCHYTILR.; SUPEJ, M.; VODIČAR, J. Effect of an Arm swing on countermovement vertical jump performance in elite volleyball players. **Journal of Human Kinetics**. v. 53, p. 41-50, Section I – Kinesiology, 2016.

VINT, P.; HINRICHS, R. Differences between one-foot and two-foot vertical jump performances. **Journal of Applied Biomechanics**. v. 12, p. 338-58, 1996.

VIRMAVIRTA, M.; ISOLEHTO, J. Determining the location of the body's center of mass for different groups of physically active people. **Journal of Biomechanics**. v. 47, p. 1909-13, 2014.

VIITASALO J. Anthropometric and physical performance characteristics of male volleyball players. **Can J Appl Sport Sci**. v. 7, p.182–188, 1982.

WAGNER, H.; TILP, M.; VON DUVILLARD, S.P.; MÜELLER, E. Kinematic analysis of volleyball spike jump. **International Journal of Sports Medicine**. v. 10, p. 760-5, 2009.

WANG, L.-I.; GU, C.-Y.; CHEN, W.-L.; CHANG, M.-S. Potential for non-contact ACL injury between step-close-jump and hop-jump tasks. **Journal of Sports Science and Medicine**. v. 9, n.1, p.134-9, 2010.

WEIR, J. P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 19, n.1, p. 231 –40, 2005.

YAMAMOTO, K.; MATSUZAWA, M. Validity of a jump training apparatus using Wii Balance Board. **Gait & Posture**. v. 38, p. 132–5, 2013.

ZATSIORSKY, V.M. AND SELUYANOV, V.N. The mass and inertia characteristics of the main segments of the human body. In: **Biomechanics VIII B**. Champaign, I.L: Human Kinetics, 1983. p. 233-9.

ZATSIORSKY, V., SELUYANOV, V.; CHUGUNOVA, L. Methods of determining mass-inertial characteristics of human body segments. In: **Contemporary Problems**

**of Biomechanics.** (Edited by Chemyi, G. G. and Regirer, S. A.) CRC Press, Massachusetts, 1990. p. 272-91.

ZIV, G.; LIDOR, R. Vertical jump in female and male volleyball players: a review of observational and experimental studies. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.** v. 20, p. 556–567, 2010.

## **Information und Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der wissenschaftlichen Studie:**

### **Analyse dynamischer Merkmale des Angriffsschlags im Volleyball**

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer!

Wir laden Sie ein, an der oben genannten wissenschaftlichen Studie teilzunehmen.

**Die Teilnahme an dieser wissenschaftlichen Studie ist freiwillig und kann jederzeit ohne Angabe von Gründen durch Sie beendet werden. Sie haben das Recht, die erhobenen Daten bzw. Proben jederzeit vernichten zu lassen.**

Wissenschaftliche Studien sind notwendig, um verlässliche neue Forschungsergebnisse zu gewinnen. Unverzichtbare Voraussetzung für die Durchführung einer wissenschaftlichen Studie ist jedoch, dass Sie Ihr Einverständnis zur Teilnahme an dieser Studie schriftlich erklären. Bitte lesen Sie den folgenden Text sorgfältig durch und zögern Sie nicht, Fragen zu stellen.

Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung nur

- wenn Sie Art und Ablauf der wissenschaftlichen Studie vollständig verstanden haben,
- wenn Sie bereit sind, der Teilnahme zuzustimmen und
- wenn Sie sich über Ihre Rechte als Teilnehmer an dieser wissenschaftlichen Studie im klaren sind.

Zu dieser wissenschaftlichen Studie, sowie zur Probandeninformation und Einwilligungs-erklärung wurde von der zuständigen Ethikkommission eine befürwortende Stellungnahme abgegeben.

### 1. Was ist der Zweck dieser wissenschaftlichen Studie?

Der Absprung beim Volleyballangriffsschlag ist durch einen asymmetrischen Einsatz der Beine gekennzeichnet. Andererseits werden das Sprungkrafttraining und die Sprünge bei der Sprungkraftdiagnostik normalerweise in Form symmetrischer Sprünge mit gleichzeitigem Einsatz beider Beine durchgeführt. Daraus ergeben sich für die optimale Organisation des Sprungkrafttrainings einige Probleme und Fragestellungen, die bisher noch nicht hinreichend untersucht wurden. So besteht eines der Untersuchungsziele darin, ein optimales Verhältnis des Muskelkräfteeinsatzes sowohl im Hinblick auf seine zeitliche Struktur als auch auf seine Intensität zu untersuchen. Hierfür werden die am Boden durch die Absprungbewegung

auftretenden Kräfte unabhängig voneinander für die beiden Beine gemessen und deren Intensitätscharakteristik untersucht. Dies erfolgt bei einer Reihe von Sprüngen, die sich naturgemäß bezüglich der Sprunghöhe unterscheiden. Dadurch wird beabsichtigt die optimalen Verhältnisse des Krafteinsatzes zwischen rechtem und linkem Bein zu identifizieren. Ein weiteres Untersuchungsziel ist die Klärung der Frage, in wie weit die beim Absprung zum Angriffsschlag auftretenden Unterschiede zwischen rechtem und linkem Bein auch bei standardisierten Test- und beidbeinigen Trainingssprüngen auftreten. Ein drittes Ziel ist es herauszufinden, ob diese Unterschiede in Folge langjährigen Trainings immer deutlicher auftreten und ob geschlechtsspezifische Unterschiede bestehen.

## 2. Wie läuft die wissenschaftliche Studie ab?

Insgesamt werden an dieser Studie 90 Volleyballspieler und –spielerinnen teilnehmen. Diese Spieler teilen sich auf in je 15 Spieler und Spielerinnen der Bundesliga, sowie jeweils 15 Spieler und Spielerinnen unterschiedlicher Nachwuchsmannschaften der Alterskategorien <15 Jahre und >16 Jahre. Die Teilnahme wird für 15 Bundesligaspieler in einer saisonbegleitenden Diagnostik bestehen, im Verlauf derer sie zu vier verschiedenen Zeitpunkten der Saison (Beginn und Ende der Vorbereitungsphase, Mitte und Ende der Wettkampfsaison) an jeweils einem Tag in jeweils zwei Testblöcken von je 40 min teilnehmen. Im Verlauf eines jeden Testblocks werden 15 Sprünge durchgeführt. Für alle übrigen Teilnehmer (Bundesligaspielerinnen und Nachwuchsspieler/-innen) besteht die Teilnahme an der Durchführung der o.g. Sprünge in zwei Testblöcken an einem einzigen Termin zu Beginn der Wettkampfsaison. Die Ergebnisse der Studie werden in Form einer wissenschaftlichen Arbeit veröffentlicht. In diesem Fall bleibt selbstverständlich die Anonymität der Studienteilnehmer gewahrt.

## 3. Welche Untersuchungen werden durchgeführt?

- 1. Testblock:  
Absprung zum Angriffsschlag von zwei Kraftmessplattformen (15 Sprünge)
- 2. Testblock:
  - Squat Jumps ohne Armeinsatz (5 Sprünge)
  - Countermovement Jump ohne Armeinsatz (5 Sprünge)
  - Countermovement Jump mit Armeinsatz (5 Sprünge)

## 4. Worin liegt für Sie der Nutzen einer Teilnahme an dieser Studie?

Durch die Teilnahme an dieser Studie bekommen Sie genaue Informationen über ihren derzeitigen Leistungszustand (im Vergleich zu den Spielern ihres bzw. höheren oder niedrigeren Leistungsniveaus) und eine entsprechende Trainingsempfehlung.

## 5. Gibt es Risiken, Beschwerden und Begleiterscheinungen?

Mit den Tests und Untersuchungen sind nach derzeitigem Stand des Wissens keine schädlichen Wirkungen verbunden, sofern nicht einer der folgenden Punkte auf Sie zutrifft. Sollten Sie eine der folgenden Fragen mit „Ja“ beantworten, ist von einer Teilnahme an der Studie möglicherweise abzusehen. Bei Unwohlsein kann die Untersuchung jederzeit abgebrochen werden.

	NEIN	JA
1. Leiden Sie unter schwerer Diabetes?	_____	_____
2. Haben sie einen erhöhten Blutdruck (unbehandelt)?	_____	_____
3. Haben Sie eine manifeste koronare Erkrankung (Herzerkrankung, Herzinsuffizienz)?	_____	_____
4. Hatten sie einen Schlaganfall?	_____	_____
5. Leiden sie an schweren Lungenerkrankungen?	_____	_____

## 7. Möglichkeit zur Diskussion weiterer Fragen

Für weitere Fragen im Zusammenhang mit dieser wissenschaftlichen Studie stehen Ihnen folgende Personen gerne zur Verfügung.

Assoc. Prof. Dr. Herbert Wagner; Tel.: 0662-8044-4887; [herbert.wagner@sbg.ac.at](mailto:herbert.wagner@sbg.ac.at)

## 8. Einwilligungserklärung

Name des Studienteilnehmers in Druckbuchstaben:

---

Geb.Datum: \_\_\_\_\_

Mit meiner Unterschrift erkläre ich mich bereit, an der wissenschaftlichen Studie teilzunehmen. Weiters bestätige ich mit meiner Unterschrift, dass ich über das Forschungsprojekt gemäß oben angeführten Informationen sowohl schriftlich als auch mündlich aufgeklärt wurde. Aufgetretene Fragen wurden mir verständlich und genügend beantwortet. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Ich habe zurzeit keine weiteren Fragen mehr.

.....  
(Ort, Datum und Unterschrift des Probanden)

.....  
(Ort, Datum und Unterschrift des Erziehungsberechtigten)

.....  
(Ort, Datum, Name und Unterschrift des Studienleiters)

Sie erhalten eine Kopie dieser Probandeninformation und Einwilligungserklärung. Das Original verbleibt beim Studienleiter.