



Universidade de Brasília
Faculdade de Educação Física

**PERFIL FORÇA-VELOCIDADE EM ATLETAS DE COMBATE:
COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES MEDIDOS VERSUS ESTIMADOS**

João Victor Siqueira Silva

Brasília

2023

Universidade de Brasília
Faculdade de Educação Física

João Victor Siqueira Silva

**PERFIL FORÇA-VELOCIDADE EM ATLETAS DE COMBATE:
COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES MEDIDOS VERSUS ESTIMADOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Educação Física - FEF da Universidade de Brasília – UnB para obtenção do título de Bacharelado em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Amilton Vieira.

Brasília

2023

PERFIL FORÇA-VELOCIDADE EM ATLETAS DE COMBATE: COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES MEDIDOS VERSUS ESTIMADOS

João Victor Siqueira Silva¹

Amilton Vieira¹

Universidade de Brasília – UnB

Resumo

Introdução. O perfil de força-velocidade (P_{FV}) é uma abordagem metodológica usada para avaliar as capacidades mecânicas gerais do sistema neuromuscular, além de ser uma representação gráfica que ilustra como a capacidade de gerar força varia em relação à velocidade de execução do movimento. Para traçar tal perfil podem-se utilizar métodos variados (i.e., plataforma de força e *app* para *smartphones*). Dessa forma, investigamos o nível de concordância entre os diagnósticos fornecidos pelo perfil força-velocidade-potência (FVP) medido versus estimado e comparamos suas métricas.

Materiais e métodos. Quarenta e nove atletas de combate realizaram, pelo menos, três *squat jumps* (SJ) com diferentes sobrecargas (barra com anilhas), baseadas em suas massas corporais, sendo elas: 0%, 25%, 50%, 75% e 100%. Para analisar o nível de concordância entre os diagnósticos (i.e., medido e estimado) realizou-se o teste de Kappa de Cohen, levando em consideração os valores médios das variáveis.

Resultados. Ao rodar o teste Kappa de Cohen, o resultado apresentou uma concordância muito fraca ($k = 0,132$) entre os diagnósticos. Em relação às variáveis estimadas, F_0 ($N \cdot kg^{-1}$) e SFV ($N \cdot s \cdot m^{-1} \cdot kg^{-1}$) foram subestimadas em relação ao medido na plataforma de força, enquanto V_0 ($m \cdot s^{-1}$) e P_{max} ($W \cdot kg^{-1}$) foram superestimadas.

Conclusão. Os resultados indicam que, devido às diferenças observadas entre os dados medidos versus estimados e o nível muito baixo de concordância entre os diagnósticos do P_{FV} , deve-se ter cautela ao se adotar os valores estimados para

analisar as capacidades de força-velocidade-potência e direcionar um treinamento baseado nesse diagnóstico.

Palavras-chave: força, velocidade, potência, squat jump, atletas de combate.

Sumário

1. Introdução	5
2. Materiais e métodos	6
3. Análise estatística	10
4. Resultados	10
5. Discussão	12
6. Conclusão	13
7. Referências bibliográficas.....	13

1. Introdução

O perfil de força-velocidade (P_{FV}) é uma abordagem metodológica usada para avaliar as capacidades mecânicas gerais do sistema neuromuscular (SAMOZINO et al, 2012), que descreve a relação entre a força e a velocidade de contração muscular em um determinado movimento. Além disso, é uma representação gráfica que ilustra como a capacidade de gerar força varia em relação à velocidade de execução do movimento (SAMOZINO, 2018). Sendo que desenvolver uma combinação adequada entre elas é importante para melhorar a potência e a capacidade de resposta muscular em diferentes contextos esportivos. Ações balísticas como o salto vertical incorporam muitas das qualidades neuromusculares e mecânicas de membros inferiores demonstradas em movimentos específicos do esporte (CARLOCK et al, 2004) e, portanto, são frequentemente usadas por cientistas esportivos para traçar o perfil força-velocidade (JIMÉNEZ-REYES et al, 2016; JIMÉNEZ-REYES et al, 2018; JIMÉNEZ-REYES et al, 2019).

Em um ambiente de laboratório, a cinética do salto vertical é medida a partir da força de reação do solo usando plataformas de força, enquanto a velocidade do centro de massa é derivada dos dados de força-tempo da reação do solo por meio de uma abordagem de dinâmica direta (DIAS et al, 2011). Porém, devido à abordagem simples de obtenção de dados mecânicos, métodos utilizados para medir força, velocidade e potência durante ações de salto usando medidas antropométricas básicas e tecnologia acessível e de fácil manuseio (HICKS, 2021) ganharam maior prevalência na biomecânica e na ciência do esporte como, por exemplo, o desenvolvimento de aplicativos para *smartphones* (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et al, 2015). Essas medidas estimadas são baseado na modelagem biomecânica onde as forças são calculadas a partir da cinemática do centro de massa do corpo durante ações de salto vertical, juntamente com a análise das mudanças na energia mecânica em diferentes pontos do movimento (SAMOZINO, 2018).

O principal objetivo deste estudo é investigar o nível de concordância entre os diagnósticos (*i.e.*, ênfase na força, velocidade ou treino combinado) fornecidos

pelo perfil força-velocidade-potência (FVP) medido *versus* estimado. Adicionalmente, comparar as métricas medidas *versus* estimadas (*i.e.*, altura do salto, H_{po} , F_0 , V_0 , S_{FV} , P_{max} , r^2). Como hipótese, espera-se que os diagnósticos apresentem um baixo nível de concordância, baseada em um estudo prévio do nosso laboratório (Vieira et al., 2023) que identificou uma correlação “impraticável” ($r = 0.001$) entre a velocidade do salto vertical medida *versus* estimada no *squat jump*.

2. Materiais e métodos

Participaram do estudo 49 homens fisicamente ativos em idade universitária, atletas de combate, com pelo menos 2 anos de experiência específica e ininterrupta na modalidade.

O estudo comparou o diagnóstico do P_{FV} de atletas de combate, traçados por meio dos dados medidos por uma plataforma de força *versus* dados estimados pelo tempo de voo.

Os saltos foram realizados em uma plataforma de força de 101x76 cm (Accupower Portable Force Plate; AMTI, Watertown, MA, EUA), utilizada para medir o componente vertical da força de reação contra o solo (FRS) produzido durante saltos estáticos (SJ). A aquisição de dados a 1kHz é feita na plataforma de força. O script customizado em Python (versão 3.7.3) é utilizado para analisar os dados. A partir dos valores líquidos da FRS, calculou-se a aceleração, então integrada para se obter a velocidade do centro de massa. Obtivemos a potência por meio do produto da força e velocidade.

Utilizou-se valores médios de força, velocidade e potência produzido desde o início do movimento até o instante da decolagem. O início do movimento é determinado quando a força aumenta em 5 desvios-padrões (DP), enquanto o instante da decolagem é o momento em que a força estiver 5 DP maior que a força registrada na fase de voo do salto. Os valores médios da força, velocidade e potência foram estimados utilizando o método proposto por Samozino et al (2008) que considera:

- A massa total deslocada, incluindo a massa corporal;

- Altura estimada do salto vertical;
- Uma estimativa da distância percorrida pelo centro de massa na fase ascendente do movimento do salto.

A massa corporal foi obtida usando-se a plataforma de força ($m = FRS/g$). Já a altura foi estimada pelo tempo de voo ($h = 0,5 \cdot g \cdot (0,5 \cdot t)^2$).

Os participantes compareceram ao laboratório em duas ocasiões, com intervalo de 2 dias. Na primeira visita, realizou-se a familiarização dos participantes com os saltos com sobrecarga, foram coletadas suas medidas antropométricas para estimar o deslocamento vertical do centro de massa durante a fase de propulsão dos saltos verticais. As medidas foram tomadas de duas formas:

1. O participante manteve-se em posição agachada num ângulo de 90° do joelho, definido com um goniômetro de mão (Figura 1). Dessa forma, mediu-se a distância do trocânter maior até o solo (Figura 2);
2. O participante deitou-se em uma maca com os membros inferiores totalmente estendidos e foi medida a distância do trocânter maior até a ponta dos pés em flexão plantar (Figura 3).



Figura 1 - Medida antropométrica: posição agachada num ângulo de 90° do joelho.



Figura 2 - Medidas antropométricas: distância do trocânter maior até o solo em posição agachada em ângulo de 90° do joelho.



Figura 3 - Medida antropométrica: distância do trocânter maior até a ponta dos pés em flexão plantar.

Na segunda visita, adotou-se um protocolo de aquecimento padronizado constituído por:

- Alongamento dinâmico de quadríceps e de isquiotibiais;
- Rotação interna e externa da articulação do tornozelo;
- Vinte repetições de polichinelos;
- Vinte repetições de avanços;
- Três *countermovement jump* (CMJ) submáximos.

Os participantes tiveram 30 segundos de descanso entre os exercícios do aquecimento. Após 2 minutos da finalização do protocolo de aquecimento, os participantes realizaram um aquecimento específico que consistiu na realização de quatro saltos utilizando sobrecargas adicionais (barra com anilhas) progressiva de 25%, 50%, 75% e 100% da massa corporal. Os participantes realizaram entre três e cinco *squat jumps* (SJ) com diferentes sobrecargas, até que a diferença de altura entre os saltos consecutivos seja < 1 cm. As sobrecargas foram baseadas individualmente nas massas corporais de cada participante, sendo elas: 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da massa. A ordem das cargas foi aleatorizada para evitar um possível efeito da viés sobre os resultados. Cada salto foi separado por 2 minutos de descanso.



Figura 4 - Fases do salto com sobrecarga.

Para a determinação das métricas do perfil P_{FV} utilizou-se os valores médios do total de saltos realizados pelo participante com cada sobrecarga. Os dados foram inseridos em um eixo cartesiano considerando os valores médios de força (eixo y) e velocidade (eixo x) de cada carga (0 a 100% da massa corporal). A relação linear entre força e velocidade permitiram a extrapolação e estimativa dos valores de força máxima (F_0) em zero velocidade e de velocidade máxima (V_0) em zero força. A inclinação da relação linear bem como a potência máxima (P_{max}) também são utilizadas para caracterizar o perfil P_{FV} . A partir da P_{max} e da distância vertical percorrida na fase propulsiva do salto será calculado o PFV ótimo. O desequilíbrio de força-velocidade (DFV) será individualmente calculado, $DFV (\%) = 100 \cdot (1 - PFV_{atual}/PFV_{ótimo})$. Sendo que, um valor de DFV ao redor de 0% ($\pm 10\%$) indica que o PFV está em 100% do perfil ótimo (equilíbrio perfeito entre força e velocidade), enquanto um valor maior ou menor indica que o perfil é demasiadamente orientado para velocidade e força, respectivamente.

3. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas no software SPSS (versão 29.0). Para analisar o nível de concordância entre os diagnósticos do perfil força velocidade potência (*i.e.*, medido e estimado) realizou-se o teste de Kappa de Cohen. Utilizaram-se os valores médios das variáveis na análise de concordância. Os critérios para interpretar a força dos coeficientes foram os seguintes: $k \leq 0$: ausência de concordância; 0.01-0.2: muito baixo; 0.21-0.40: considerável; 0.41-0.60: moderado; 0.61-0.80: substancial e 0.81-1.0: excelente (HONG et al, 2014).

4. Resultados

Os 49 participantes foram testados. Porém, foi necessário a exclusão de 9 participantes da análise (Figura 4). A exclusão da amostra ocorreu pelos seguintes motivos:

- a. Erro de medida ($n = 3$);
- b. Valores incoerentes entre os saltos ($n = 3$);
- c. r^2 abaixo do ideal ($<0,95$) ($n = 3$).

A Figura 4 esquematiza mais detalhadamente como ocorreu o processo de divisão da amostra final de participantes utilizada para a análise estatística. E a Tabela 1 mostra uma comparação das variáveis entre os valores medidos e os estimados.

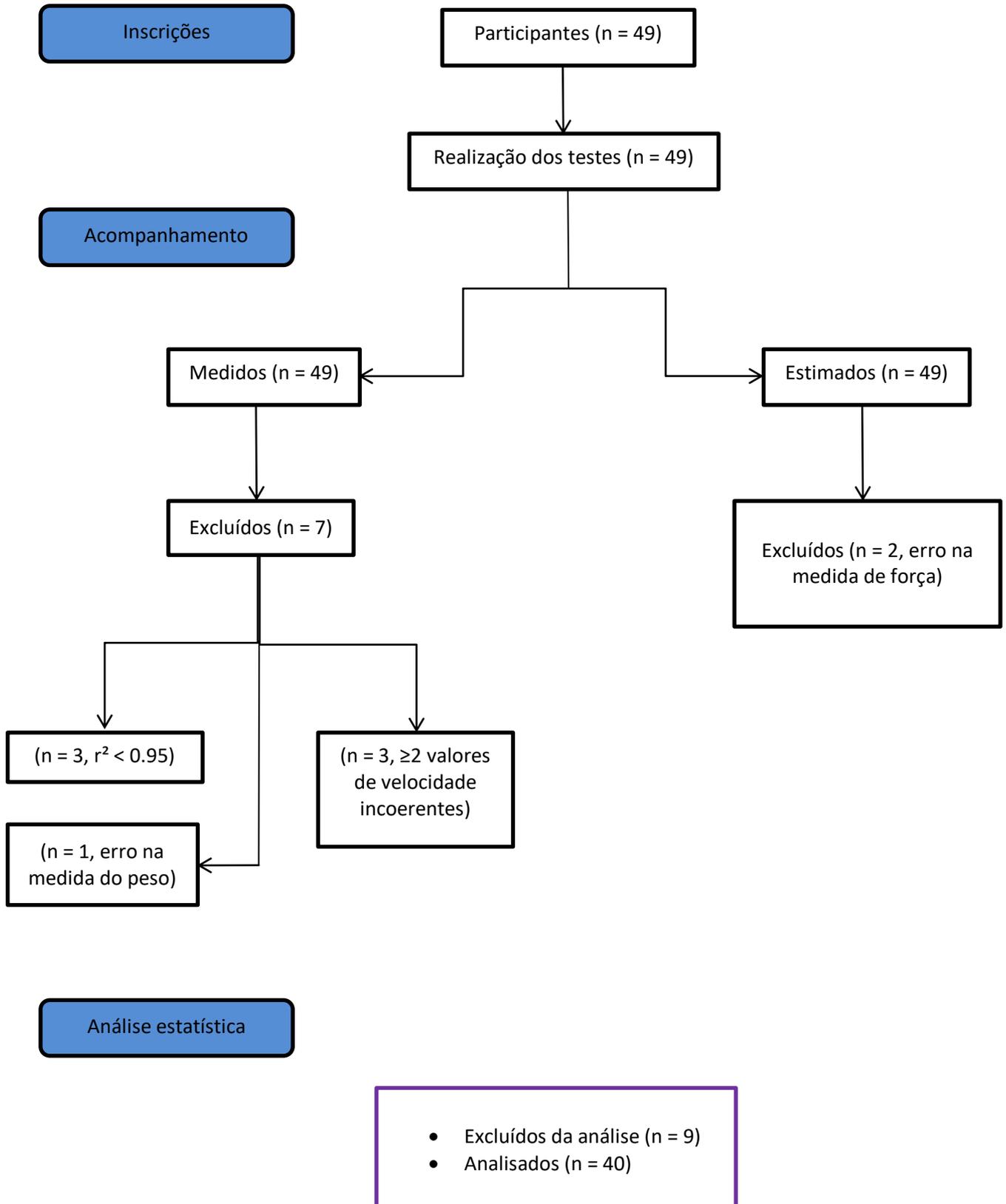


Tabela 1 - Comparação das variáveis entre os valores medidos e os estimados.

Variáveis	Medidos	Estimados	P value	Cohen's d
F_0 , N·kg ⁻¹	38,4 ± 6,5	33,1 ± 4,4	< 0,001	0,87
V_0 , m·s ⁻¹	2,13 ± 0,45	2,82 ± 0,72	< 0,001	1,22
P_{max} , W·kg ⁻¹	20,0 ± 2,9	22,8 ± 4,0	< 0,001	0,86
S_{FV} , N·s·m ⁻¹ · kg ⁻¹	-19,2 ± 6,3	-12,6 ± 4,1	< 0,001	1,05

Os dados são apresentados como média (DP). F_0 : força máxima teórica; V_0 : velocidade máxima teórica; P_{max} : potência máxima teórica; S_{FV} : inclinação da curva da relação força-velocidade; Cohen's d : diferença existente entre os resultados dos dois grupos em comparação.

O estudo investigou o nível de concordância entre os diagnósticos fornecidos pelo perfil força-velocidade-potência medido *versus* estimado. O teste Kappa de Cohen, o resultado apresentou uma concordância muito fraca ($k = 0,132$, 95%IC: 0,03 - 0,30, $p = 0,116$) entre os diagnósticos.

Dessa forma, os resultados concordam com nossa hipótese de que haveria um baixo nível de concordância, conforme mostrado em estudos prévios (VIEIRA et al, 2023; HICKS et al, 2021), que apontam discordância entre os diagnósticos devido à superestimação ou subestimação de métricas essenciais para se traçar o diagnóstico (*i.e.*, ênfase na força, velocidade ou treino combinado).

Analisando as métricas descritas na Tabela 1, pode-se observar que o F_0 (N·kg⁻¹) é subestimado (~5,3 N·kg⁻¹) em relação ao medido na plataforma de força. Já o S_{FV} , a V_0 e a P_{max} foram superestimadas (~6,6 N·s·m⁻¹· kg⁻¹, ~0,69 m·s⁻¹ e ~2,8 W·kg⁻¹, respectivamente).

5. Discussão

Em comparação ao estudo de Hicks et al (2021), observa-se uma diferença entre os valores médios de F_0 , V_0 e P_{max} . Enquanto, nossos resultados apontam para um valor subestimado para F_0 e superestimados para V_0 e P_{max} , os resultados do estudo foram contrários: F_0 superestimado (~2,63 N·kg⁻¹), V_0 e P_{max} subestimados (~0,72 N·kg⁻¹ e ~4,14 N·kg⁻¹, respectivamente). No entanto, em

relação ao SFV, nossos resultados foram semelhantes: S_{FV} subestimados ($\sim 6,6 N \cdot s \cdot m^{-1} \cdot kg^{-1}$ e $\sim 3,04 N \cdot s \cdot m^{-1}$).

Dessa forma, o estudo tem aplicação prática para treinadores, atletas e praticantes de treinamento de força que buscam abordagens práticas e de baixo custo para estimar e monitorar variáveis relevantes para o desempenho, alertando uma provável diferença entre os diagnósticos finais medidos *versus* estimados, devido as discordâncias de métricas relevantes para se traçar o P_{FV} como, por exemplo, F_0 , V_0 , P_{max} e S_{FV} .

O estudo possui a limitação de ter analisado um público específico: homens, adultos, atletas de combate com experiência na modalidade. Com isso, para que a aplicabilidade dos resultados se expanda para populações distintas (*i.e.*, crianças, idosos, mulheres, adultos sedentários etc), novos estudos são necessários.

6. Conclusão

Os resultados indicam que, devido às diferenças observadas entre os dados medidos *versus* estimados e o nível muito baixo de concordância entre os diagnósticos do P_{FV} , os valores estimados não são as métricas ideais para se traçar o P_{FV} , pois ao prescrever um treinamento baseado em tal diagnóstico, o treinador provavelmente não alcançará o objetivo esperado (equilíbrio entre a força e a velocidade) para seu atleta.

7. Referências bibliográficas

- BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; GLAISTER, M.; LOCKEY, R. A. Validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, v. 33, n. 15, p. 1574-1579, 2015. DOI: 10.1080/02640414.2014.996184.
- CARLOCK, J. M. et al. The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability—A field-test approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 18, p. 534-539, 2004.
- HICKS, D. S.; DRUMMOND, C.; WILLIAMS, K. J. Measurement agreement between Samozino's method and force plate force-velocity profiles during barbell and hexbar countermovement jumps, 2021.
- HONG H, CHOI Y, HAHN S, PARK SK, PARK BJ. Nomogram for sample size calculation on a straightforward basis for the kappa statistic. *Ann Epidemiol*. 2014 Sep;24(9):673-80. doi: 10.1016/j.annepidem.2014.06.097. Epub 2014 Jul 3. PMID: 25088752.

- JIMÉNEZ-REYES, P. et al. Effectiveness of an individualized training based on force-velocity profiling during jumping. *Frontiers in Physiology*, v. 7, p. 1-13, 2016.
- JIMÉNEZ-REYES, P. et al. Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, v. 6, p. 1-18, 2018.
- JIMÉNEZ-REYES, P. et al. Optimized training for jumping performance using the force-velocity imbalance: Individual adaptation kinetics. *PLoS One*, v. 15, p. 1-20, 2019.
- SAMOZINO, P. et al. Optimal force-velocity profile in ballistic movements - altius: Citius or fortius? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 44, p. 313-322, 2012.
- SAMOZINO, P. A simple method for measuring lower limb force, velocity and power capabilities during jumping. In: MORIN, J. B.; SAMOZINO, P. (eds.). *Biomechanics of Training and Testing: Innovative Concepts and Simple Field Methods*. Gewerbestrasse, Switzerland: Springer, 2018. p. 65-96.
- SAMOZINO, P. et al. A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, v. 41, p. 2940-2945, 2008.
- VIEIRA, A; BLAZEVIK, A.J.; DA COSTA, A.S; TUFANO, J.J.; AND BOTTARO, M (2021) "Validity and Test-retest Reliability of the Jumbo App for Jump Performance Measurement," *International Journal of Exercise Science*: Vol. 14: Iss. 7, Pages 677 - 686.