

MODELO MATEMÁTICO PARA PREDIÇÃO DA IMPULSÃO VERTICAL POR MEIO DAS VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS EM CORREDORES DE RUA RECREACIONAIS

MATHEMATICAL MODEL FOR PREDICTING VERTICAL IMPULSION THROUGH ANTHROPOMETRIC VARIABLES IN RECREATIONAL LONG-DISTANCE RUNNERS

Alexandre Fernandes Machado¹
José Augusto Neumann Capela Campos²
Diogo Pantaleão^{3,4}
Fabiana Rodrigues Scartoni⁵

¹Laboratório de fisiologia e bioquímica experimental da Universidade Federal do Espírito Santo/Vitória/ES/Brasil

²Centro Universitário Leonardo Da Vinci/Petrópolis/RJ/Brasil

³Centro Universitário de Valença/Valença/RJ/Brasil

⁴Laboratório do Exercício e do Esporte da Universidade Estadual do Rio de Janeiro/Rio de Janeiro/RJ/Brasil

⁵Laboratório de Ciências e esporte da Universidade Católica de Petrópolis/Petrópolis/RJ/Brasil

RESUMO

O objetivo do estudo foi desenvolver um modelo matemático para estimar a potência muscular no *Sargent Jump* por meio das variáveis antropométricas. Participaram 20 voluntários ($23,5 \pm 3,2$ anos; $69,4 \pm 15,8$ Kg; $170,7 \pm 8,8$ cm), 12 do sexo masculino e 8 do sexo feminino, não tabagistas e praticantes de corrida de rua 3 a 4 vezes por semana de forma recreacional. O experimento foi realizado em um único dia e foi dividido em três diferentes etapas: procedimentos concernentes ao atendimento das precauções ligadas à ética da pesquisa; mensuração das medidas antropométricas e avaliação da impulsão vertical. Os resultados demonstram uma grande significância da equação de predição da potência muscular, podendo ser utilizada com 75% de confiabilidade. O coeficiente de correlação intraclasse entre os três saltos, apresentou um $r = 0,995$ ($p < 0,0001$), o que demonstra alta fidedignidade entre eles. Analisando a correlação do valor observado com o predito, os resultados demonstram um valor significativo ($r = 0,88$) para o parâmetro. Para o coeficiente múltiplo de determinação tem-se $r^2 = 0,77$. Ao ajustar o resultado de r^2 com o número de variáveis e o tamanho da amostra pôde-se observar uma correlação significativa com r^2 ajustado = $0,75$, com significância global da equação ($p < 0,0001$). Observou-se uma correlação significativa entre a variável potência e o modelo matemático criado para predição impulsão vertical. A predição da impulsão vertical pode ser uma estratégia operacional rápida para medir a evolução da força, mas não substitui os testes para o efeito de verificação da efetividade do programa de treinamento.

Palavras chaves: Impulsão vertical. Pliometria. Força. Teste. Predição

ABSTRACT

The study aimed to develop a mathematical model to estimate muscle power in the Sargent Jump using anthropometric variables. Participants were 20 volunteers (23.5 ± 3.2 years; 69.4 ± 15.8 kg; 170.7 ± 8.8 cm), 12 males and 8 females, non-smokers, and street runners. 3 to 4 times a week recreationally. The experiment was conducted in a single day and divided into three stages: procedures concerning compliance with precautions related to research ethics, measurement of anthropometric measures, and evaluation of vertical impulsion. The results demonstrate the great significance of the muscle power prediction equation, which can be used with 75% reliability. The intraclass correlation coefficient between the three jumps presented an $r = 0.995$ ($p < 0.0001$), demonstrating high reliability. Analyzing the correlation between the observed and predicted values, the results demonstrate a significant value ($r = 0.88$) for the parameter. For the multiple coefficients of determination, we have $r^2 = 0.77$. When adjusting the r^2 result with the number

of variables and the sample size, a significant correlation with adjusted $r^2 = 0.75$ could be observed, with the global significance of the equation ($p < 0.0001$). There was a significant correlation between the power variable and the mathematical model created to predict vertical impulsion. Vertical jump prediction can be a quick operational strategy to measure strength evolution, but it does not replace tests to verify the training program's effectiveness.

Keywords: Vertical jump. Plyometrics. Strength. Test. Prediction.

INTRODUÇÃO

A corrida de rua é dos esportes mais democráticos em todo mundo e também é considerada um fenômeno social (MACHADO *et al.*, 2019) e o seu número de praticantes cresce a cada ano (FILIPAS *et al.*, 2022). Do ponto de vista fisiológico, a corrida é uma atividade aeróbica que desenvolve e necessita potência de membros inferiores.

Recentemente pesquisadores (MACHADO *et al.*, 2019; FILIPAS *et al.*, 2022) propuseram modelos de treinamento de potência para membros inferiores a partir de protocolos de saltos (pliometria), ambos os protocolos com uma frequência de duas sessões por semana, tendo uma duração de 8 semanas (MACHADO *et al.*, 2019) e 4 semanas (FILIPAS *et al.*, 2022) e observaram que os grupos que utilizaram do protocolo de salto em ambos os estudos teve uma melhor performance quando comparado ao grupo controle, com isso podemos observar a importância do treinamento de potência de membros inferiores para a performance em corredores.

A potência é uma qualidade física importante para corredores, tanto na performance durante a atividades para alcançar uma maior velocidade ou manter um ritmo linear em percursos ou competições de longa duração. A potência muscular é conceituada por uma força de contração máxima necessária para vencer uma sobrecarga na maior velocidade possível, para tanto é necessária uma combinação entre aplicação de força e velocidade (MACHADO *et al.*, 2019).

Um bom indicador da produção dos níveis de potência muscular gerada pelos músculos de membros inferiores, é a medida do desempenho nos saltos verticais em modalidades que necessitam ações explosivas, como a corrida.

O teste de Impulsão Vertical, também conhecido como *Sargent Jump*, é um teste de fácil aplicabilidade e que não necessita de muitos instrumentos e de laboratório para a avaliação da potência muscular de membros inferiores (HARMAN *et al.*, 1991).

A potência é muito influenciada pela força de saída do solo, gerando à necessidade de desenvolver uma força significativa de membros inferiores. Como referência para um bom desenvolvimento desta força, Bankoff e Cruz (2010) afirmam que, "nos testes de impulsão vertical, a força de saída do solo excede em aproximadamente duas vezes e meia a resistência do peso corporal", o que poderia ocasionar um excesso de sobrecarga para o praticante de corrida, em programas de treinamento extensos.

Outro ponto, seriam as características morfológicas que podem ser um diferencial no desempenho do salto vertical, impossibilitando a realização do teste de impulsão vertical, para diagnóstico da potência muscular conseqüentemente, interferindo na performance da corrida.

Dentre essas características, está a composição corporal. Existem evidências que associam variáveis de composição corporal com variáveis de desempenho, o que permite relacionar a estatura do atleta com o salto vertical (WONG *et al.*, 2009). Algumas pesquisas mostram altas correlações entre % massa gorda e desempenho atlético (HOUSH *et al.*, 1984) e medidas de circunferência e dobra cutânea com a performance no salto vertical (WONG *et al.*, 2009).

A potência é uma importante qualidade física para performance em diversos esportes, entre eles: Basquetebol (AKSOVIC *et al.*, 2021), Voleibol (SALGADO; PAULA; COTTA, 2007), Futebol (WONG *et al.*, 2009), Natação (ROGATTO; VALIM, 2002) e corrida (BATTIE *et al.*, 2016).

Com a necessidade de instrumentalizar os profissionais da área, para que a rotina operacional seja mais prática e também minimizar o risco de lesão, o objetivo do presente estudo foi desenvolver um modelo matemático para estimar a potência muscular no *Sargent Jump* por meio das variáveis antropométricas.

METODOLOGIA

Amostra

Participaram do estudo 20 voluntários ($23,5 \pm 3,2$ anos; $69,4 \pm 15,8$ Kg; $170,7 \pm 8,8$ cm), 12 do sexo masculino e 8 do sexo feminino, não tabagistas e praticantes de corrida de rua de 3 a 4 vezes por semana de forma recreacional. Todos os participantes foram informados dos riscos e benefícios do estudo e após concordarem, assinaram o termo de consentimento livre esclarecido. Como critério de exclusão adotou-se: diagnóstico clínico positivo de diabetes mellitus, complicações musculoesqueléticas e / ou alterações cardiovasculares confirmadas por avaliação médica.

Antes de sua implementação, o projeto foi submetido ao comitê de Ética em pesquisa da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, aprovado com o parecer de nº 3.733.252/CAAE:25822119.2.0000.5542.

Desenho experimental

O experimento foi realizado em um único dia e foi dividido em três diferentes etapas, descritas abaixo:

- Etapa-1: procedimentos concernentes ao atendimento das precauções ligadas à ética da pesquisa, nesta etapa foi explicado todo os testes e medidas envolvidas na pesquisa, assim como os possíveis riscos de participar de uma pesquisa com testes práticos. Também foi realizado a leitura do termo de consentimento livre esclarecido (TCLE) junto ao voluntário e explicado cada um dos pontos presente no TCLE, após o aceite em participar da pesquisa o voluntário foi instruído a assinar o TCLE. Neste momento foi agendado a segunda visita no laboratório para a realização das medidas antropométricas e o teste de impulsão vertical;
- Etapa-2: Mensuração das medidas antropométricas, nesta etapa foi realizada todas as medidas antropométricas, sendo elas: massa corporal, estatura, circunferência da coxa, dobra cutânea da coxa. Após esta etapa o voluntário foi encaminhado para a etapa 3, etapa final d experimento.
- Etapa-3: Avaliação da impulsão vertical, nesta etapa foi realizado o teste de impulsão vertical, sendo realizado um aquecimento prévio as três tentativas do teste.

Avaliação antropométrica

Para a mensuração da massa corporal foi utilizado balança Filizola® com precisão de 100g, Brasil, estatura estadiômetro profissional Sanny® com precisão de 0,1 cm, Brasil), perimetria de coxa direita e esquerda fita antropométrica metálica Sanny® com precisão de 0,001 mm, Brasil, dobra cutânea plicômetro Cescorf® com precisão de 0,01 mm, Brasil, medida óssea do comprimento do fêmur, medida óssea da tíbia e medida do pé (paquímetro Sanny®, Brasil). A localização e os procedimentos adotados para a realização das medidas de dobras cutâneas foram propostos por Machado (2008) e são descritos abaixo:

Medida de massa corporal e estatura

Para a medida de massa corporal, todos os avaliados estavam com a menor quantidade de roupa possível, em pé e com os pés afastados sobre a balança. A medida de estatura consiste na distância entre a planta dos pés ao vértex (ponto mais alto da cabeça), todos os voluntários para a medida estavam descalços e com os pés unidos e de costa para o estadiômetro. Os braços estavam obrigatoriamente ao longo do corpo e a cabeça posicionada no plano horizontal de Frankfurt (MACHADO, 2008).

Medida de circunferência da coxa e dobra cutânea da coxa

Medida realizada com a fita antropométrica paralela ao solo, o voluntário deve estar em pé e dividir o peso do corpo em ambas as pernas, o ponto de localização da medida é no ponto médio femoral, que é o ponto médio entre a prega inguinal e a borda superior da patela. A dobra cutânea avaliada no sentido vertical e localizada no ponto médio femoral (MACHADO, 2008).

Avaliação da impulsão vertical

Os participantes foram instruídos a não praticarem nenhum tipo de atividade física nas 48 horas que antecediam o teste. Para a avaliação da impulsão vertical foi aplicado do teste de *Sargent Jump*. O participante assumiu a posição em pé, de lado para a superfície graduada, e com o braço estendido acima da cabeça, o mais alto possível, mantendo as plantas dos pés em contato com o solo, sem flexioná-los.

Com os dedos sujos com pó de giz, para facilitar a leitura, o participante fez uma marca com os dedos na posição mais alta que possa atingir sendo facultado ao testando, o flexionamento das pernas e o balanço dos braços para a execução do salto. Foram feitas três tentativas, sendo utilizado para o cálculo, o melhor dos três resultados alcançados (DE SOUZA; DE MELO; GARCIA, 2006).

Medida de Comprimento do fêmur

Distância entre o ponto mais alto do trocânter do fêmur (Trocantério) e o ponto localizado na borda superior da tuberosidade medial da tíbia (Tibial).

Extração das variáveis antropométricas

Área muscular da coxa

Para obter a área muscular da coxa (AMcx) foram realizadas as medidas de circunferência da coxa medial (Ccx), proposto por Machado (2008) e dobra cutânea de coxa (DCcx), segundo procedimentos de localização e pinçamento proposto por Machado (2008), para compor a equação: $AMcx = Ccx - \pi * (DCcx/10)$, apresentada por Rogatto e Valim (2002).

Índice de gordura corporal

Para avaliação do índice de gordura corporal foi utilizado o protocolo de dobras cutâneas de três dobras proposto por Jackson e Pollock (1985). Para homens, dobras cutâneas: peitoral, abdômen e coxa e para mulheres: tríceps, supra íliaca e coxa. O resultado foi expresso em valores percentuais com relação a massa corporal.

Análise estatística

Para cálculo do tamanho amostral foi utilizado o software G*Power 3.1.9.4 (Franz, Universidade de Kiel, Alemanha), para efeito da amostra (1-b) de 0,8 e $\alpha = 0,05$ determinando uma amostra mínima de 18 voluntários.

Para caracterização da amostra foi utilizado a estatística descritiva Média, desvio padrão, mínimo e máximo. Todas as variáveis analisadas apresentaram distribuição normal (Shapiro-Wilk). A reprodutibilidade do teste de impulsão vertical foi determinada pelo coeficiente de correlação intraclasse de duas vias sendo interpretados com pouca correlação ($<0,25$), baixa correlação ($\geq 0,26$ a $\leq 0,49$), moderada ($\geq 0,50$ a $\leq 0,69$), alta ($\geq 0,7$ a $\leq 0,89$) e muito alta ($\geq 0,9$ a $\leq 1,0$), todas as análises foram analisadas no software SPSS (V.22.0; IBM, NY, EUA).

Para análise dos resultados foi utilizada a Regressão Múltipla (R^2), objetivando-se expressar um relacionamento linear entre uma variável dependente (Impulsão Vertical) e duas variáveis independentes (Índice percentual de gordura da coxa – IG – e comprimento do fêmur – CF).

O R^2 ajustado é o coeficiente múltiplo de regressão (R^2), modificado de modo a levar em conta o número de variáveis e o tamanho da amostra, ou seja, é uma medida do grau de ajustamento da equação de regressão múltipla aos dados amostrais, sendo adotados os valores $R^2 = 1$ para um ajuste perfeito, R^2 próximo de 1 para um ajuste significativo e R^2 próximo de 0 para um ajuste sem significância.

O coeficiente p é o que garante a significância global da equação. Quanto menor for o valor de p , maior é a significância da equação. Para análise estatística da regressão múltipla foi utilizado o software *Estatística 6.0 for Windows*.

RESULTADO

As características gerais e as variáveis são apresentadas na tabela 1, e os valores são expressos em média, desvio padrão, valores mínimos e valores máximos.

Tabela 1 - Características dos voluntários avaliados.

Características gerais	Média ± DP	Min – Max
Faixa etária (anos)	23,5 ± 3,2	19 – 30
Massa corporal (kg)	69,42 ± 15,75	48,3 – 101,2
Estatura (m)	170,7 ± 8,81	153,4- 185,3
Índice de gordura (%)	14,15 ± 7,69	1,2 – 27,3
Variáveis		
Área muscular (mm)	189,96 ± 47,51	130,9 – 303,9
Índice de gordura (%)	14,15 ± 7,69	1,2 – 27,3
Comprimento do fêmur (cm)	41,16 ± 3,29	32,5 – 4,4
Altura do salto (cm)	0,4 ± 0,1	0,23 – 0,56

Valores expressos em Média ± Desvio padrão (DP), valores mínimos (Min) e máximos (Max).
Fonte: Dados da pesquisa.

O coeficiente de correlação intraclassa (CCI) entre os três saltos apresentou um $r = 0,995$ ($p < 0,0001$), o que nos mostra uma alta fidedignidade entre os três saltos realizados no teste de impulsão vertical.

Analisando a correlação do valor observado com o predito, os resultados demonstram um valor significativo ($r = 0,88$) para o parâmetro. O coeficiente múltiplo de determinação foi encontrado o valor de $r^2 = 0,77$.

Ao ajustar o resultado de r^2 com o número de variáveis e o tamanho da amostra (r^2 ajustado) pôde-se observar uma correlação significativa com r^2 ajustado = 0,75, com uma significância global da equação ($p < 0,0001$).

Os resultados encontrados demonstram uma grande significância da equação de predição da potência muscular, podendo esta ser utilizada com 75% de confiabilidade. Sendo a fórmula de predição descrita (equação 1).

Equação 1 – Fórmula de predição da impulsão do salto vertical a partir das variáveis antropométricas.

$$I = 0,33 - 0,78 * (IG) + 0,167 * (CF)$$

Onde: **I** = Impulsão, **IG** = Índice % de Gordura da Coxa e **CF** = Comprimento do Fêmur

DISCUSSÃO

Pesquisadores como (VILLARREAL, 2004; FERRAGUT *et al.*, 2003) têm procurado relacionar variáveis antropométricas com diversas capacidades físicas, entre elas potência, força e resistência. No estudo proposto por Salgado; Paula e Cotta (2007), ou autores verificaram a relação entre circunferência magra de coxa e impulsão vertical em atletas de voleibol, apresentando uma correlação moderada ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$) entre as duas variáveis.

Como o objetivo do presente estudo foi o desenvolvimento de um modelo matemático para estimar a impulsão no *Sargent Jump* por meio das medidas antropométricas de membros inferiores, observou-se uma correlação entre as variáveis, atingindo o objetivo proposto com um nível de significância de $p < 0,05$.

O que corrobora com os dados encontrados na literatura (FERRAGUT *et al.*, 2003; VILLARREAL, 2004; SALGADO; PAULA; COTTA, 2007), demonstrando que a fórmula de predição descrita no presente estudo pode ser um bom método para prever a impulsão vertical. Porém, os estudos supracitados não utilizaram modelos matemáticos para prever a impulsão vertical durante o *Sargent Jump*.

No estudo proposto por Ferragut *et al.* (2003), foram avaliados 53 voluntários de ambos os sexos e atletas de voleibol, os saltos foram realizados na plataforma de força (Kistler, AG9281B, Switzzeland), durante o teste de salto os pesquisadores também avaliaram a atividade eletromiográfica (Bioamplifier, ML131 ADI, Australia). As medidas de perimetria foram realizadas a partir das de uma fita metálica e a composição

corporal foi avaliada pelo equipamento DEXA (QDR-1500, Hologic). Os resultados do estudo propõem um modelo com $r=0,73$ e $p < 0,001$, porém o uso do equipamento DEXA torna a aplicabilidade da equação muito limitada aos locais que possuem este equipamento.

Villarreal (2004), investiga em seu estudo as variáveis determinantes para o salto vertical em três diferentes tipos de saltos, sendo eles: (1) *squat jump*, (2) *countermovement jump* e (3) *drop jump*. Entre as variáveis proposto em seu estudo a técnica do salto em função do tipo de salto é destacada pelo pesquisador. Segundo Villarreal (2004), quanto mais simples a técnica do salto mais fácil é o processo de aprendizagem e maior a capacidade de performance com o salto.

Posteriormente em 2007, um grupo de pesquisadores (SALGADO; PAULA; COTTA, 2007), investiga a relação entre a circunferência magra da coxa e a impulsão vertical em atletas de voleibol. Os pesquisadores avaliaram 30 atletas do sexo masculino com idade entre 15 e 27 anos da Associação Esportiva e Recreativa USIPA, peso ($66,07 \pm 9,99$), estatura ($1,78 \pm 0,08$), circunferência magra da coxa ($35,27 \pm 4,96$) e impulsão vertical ($56,17 \pm 7,90$). Para obter a circunferência magra da coxa (CMcx) eles utilizaram a subtração entre a medida de dobra cutânea da coxa (DCcx) e a circunferência da coxa (Ccx).

Para analisar a relação entre a circunferência magra da coxa e a impulsão vertical Salgado; Paula e Cotta (2007) utilizou a correlação de Pearson $r = 0,43$ e $p = 0,019$, dados que mostram uma correlação baixa, porém com um valor p significativo. Os autores sugerem que quanto maior for a circunferência magra da coxa, maior será a impulsão vertical do atleta.

No presente estudo a seleção do tipo de salto (*squat jump*) foi proposta levando em consideração a técnica ser a mais simples entre os três tipos de saltos proposto por Villarreal (2004). Com relação as variáveis antropométricas proposta, tanto a dobra cutânea da coxa como a circunferência da coxa não tiveram significância estatística na construção do modelo matemático. As variáveis selecionadas para a construção do modelo matemático foram: índice de gordura da coxa e comprimento do fêmur, o que nos leva a entender que o fator mecânico também é uma variável importante para a performance durante o teste de impulsão vertical.

Atualmente pliometria tem sido objeto de diversos estudos (FILIPAS *et al.*, 2022; AKSOVIC *et al.*, 2021; MACHADO *et al.*, 2019) como forma de treinamento complementar para diversos esportes e o *sargent jump* geralmente é o teste utilizado para medir o impacto do programa de intervenção.

Recentemente um grupo de pesquisadores (FILIPAS *et al.*, 2022), para medir a efetividade do programa de treinamento pliométrico utilizou de dois testes de salto, sendo eles: *Drop jump* e o *Countermovement jump* além de um teste de corrida contrarrelógio de 5 Km. Dos 60 voluntários que participaram do estudo proposto por Filipas *et al.* (2022), eles foram divididos em 4 grupos, sendo eles: Grupo 1, treinamento de corrida com periodização piramidal (PYR); Grupo 2, treinamento de corrida com periodização piramidal mais treinamento pliométrico (PYR + PLY), Grupo 3, treinamento de corrida com periodização polarizado (POL) e Grupo 2, treinamento de corrida com periodização polarizada mais treinamento pliométrico (POL + PLY).

O treinamento de corrida de ambos os grupos foi equalizado e os grupos que utilizaram o treinamento pliométrico com uma frequência de 1x na semana. Os pesquisadores (FILIPAS *et al.*, 2022), observaram que os grupos que realizaram o treinamento pliométrico 1x na semana tiveram um melhorar significativa ao final das 4 semanas de treinamento quando comparados com o grupo que não realizou o treinamento pliométrico, no *countermovement jump* o grupo PYR + PLY ($p < 0,01$) e grupo POL + PLY ($p < 0,05$). No *squat jump* o grupo PYR + PLY ($p < 0,01$) e grupo POL + PLY ($p < 0,05$).

No teste contrarrelógio todos os grupos tiveram melhoras significativas, sendo grupo POL ($p < 0,01$), grupo PYR ($p < 0,001$) e grupos PLO + PLY e PYR + PLY ($p < 0,0001$), após o período de intervenção de 4 semanas.

Machado *et al.* (2019) utilizou-se de um programa de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) de 6 ciclos de 30 segundos "all out" de saltos seguidos de 30 segundos de recuperação passiva, e avaliou o aumento da potência a partir do número de saltos na sessão e do tempo da corrida contrarrelógio de 5 Km. Os 24 voluntários foram divididos em 3 grupos, sendo o grupo controle que apenas treinou a corrida; grupo corrida + *squat jump* e o grupo corrida + *drop jump*, que além do treinamento de corrida realizaram o treinamento pliométrico 2x na semana.

As sessões de corrida foram equalizadas para ambos os grupos tanto sobre o volume de treinamento, assim como a frequência e intensidade relativa obtida a partir de um treino de referência. Ao final das 8 semanas de intervenção, todos os três grupos obtiveram melhoras quando comparados os resultados da corrida contrarrelógio do momento pré e pós período de intervenção, porém apenas os grupos que realizaram o programa de intervenção de treinamento pliométrico obteve melhoras significativas ($p < 0,05$). O *effect size* observado pelos autores (MACHADO *et al.*, 2019), para o grupo controle (0,04), grupo corrida + *squat jump* (0,62) e grupo corrida + *drop jump* (1,0).

Os resultados positivos não são exclusivos para a modalidade corrida, Aksovic *et al.* (2021) realizou uma revisão narrativa sobre o treinamento pliométrico no basquete e observou que o treinamento pliométrico é um método eficaz e que tem um resultado positivo no desempenho mesmo num curto período de treinamento.

Entre os fatores gerais do treinamento pliométrico observado por Aksovic *et al.* (2021), estão: idade, aquecimento, técnica de desempenho e equipamentos. E os efeitos do treinamento pliométrico podem variar dependendo de fatores como nível de condicionamento do atleta, sexo, atividade esportiva desenvolvida, variáveis de extrema importância para a prescrição e controle do treinamento e nesse contexto os resultados do presente estudo tornam-se de fundamental para o controle da progressão do treinamento sem a necessidade de se realizar uma bateria de testes, o que envolve um grande número de recursos materiais e humanos.

Em 2002, dois pesquisadores, Rogatto e Valim (2002), estudaram a relação entre área muscular e força máxima (1RM) dos extensores de joelho em atletas de natação e voleibol a partir das variáveis antropométricas. Eles, utilizaram um número amostral de 20 atletas, sendo 10 atletas de natação (peso $52,6 \pm 3,9$ kg; estatura $1,68 \pm 0,05$ m) e 10 atletas de voleibol (peso $59,5 \pm 4,13$ kg; estatura $1,71 \pm 0,04$ m). E observaram que os níveis de força máxima (1RM) dos músculos extensores do joelho dos atletas de voleibol ($40,10 \pm 4,33$ Kg) tiveram índices superiores significativamente ($p < 0,0001$) que os atletas de natação ($24,95 \pm 2,09$ Kg).

Os pesquisadores associaram o aumento dos níveis de força as variáveis antropométricas de circunferência da coxa (Ccx), circunferência magra da coxa (CMcx) e dobra cutânea da coxa (DCcx). Os atletas de voleibol apresentaram uma diferença significativamente maior ($p < 0,0001$) quando comparados aos atletas de natação nas variáveis Ccx ($55,22 \pm 2,15$; $48,47 \pm 3,13$) e CMcx ($52,78 \pm 2,01$; $46,20 \pm 3,33$), respectivamente.

Os resultados observados pelos pesquisadores Rogatto e Valim (2002), propõem que as variáveis antropométricas apresentam uma associação positiva com a força máxima (1RM) dos extensores da coxa, dados que corroboram os resultados do presente estudo, no qual propõe um modelo matemático a partir das variáveis antropométricas para prever a impulsão no salto vertical. Contudo as variáveis antropométricas não podem ser vistas como único fator responsável pela geração de força (WONG *et al.*, 2009).

Wong *et al.* (2009), observou a relação antropométrica com a performance em função das posições dos atletas, em seu estudo participaram com voluntários 70 jogadores de futebol sub-14. Como variável antropométrica Wong *et al.* (2009) utilizou: massa corporal (MC), estatura (EST) e índice de massa corporal (IMC). Os resultados mostraram que houve diferença ($p < 0,05$) para as variáveis antropométricas em relação a posição, porém não foi observado diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as variáveis antropométricas analisadas (MC, EST, IMC).

A potência pode ser determinada como o produto da força e da velocidade, como resultado, os fatores que afetam tanto a força muscular quanto à velocidade de encurtamento determinarão a potência que pode ser produzida (FILIPAS *et al.*, 2022), no presente estudo umas das variáveis incluídas no modelo matemático foi o comprimento do fêmur que se mostrou como uma variável importante na predição da impulsão vertical, associado ao índice de gordura.

No presente excluir qualquer possibilidade de uma execução inadequada da técnica do salto entre os três saltos realizados, mesmo utilizando para cálculo o salto com maior valor, utilizou-se o coeficiente de correlação intraclasse (CCI) para verificar a constância entre as tentativas no qual foi apresentado um $r = 0,995$ ($p < 0,0001$), entre os três saltos. A alta correlação entre os saltos do teste pode ser explicado pela familiarização com o teste, pelo uso adequado de uma rotina de aquecimento e pela adequada mecânica do movimento (AKSOVIC *et al.*, 2021).

Após análise dos resultados das três tentativas do sargent jump, observou-se que 90% dos resultados mais expressivos foram no segundo ou no terceiro salto do teste, contudo nenhum dos três saltos durante o teste apresentou uma variação significativa ($p > 0,05$).

Durante a realização do teste de impulsão vertical (Sargent Jump) observou-se uma maior performance dos indivíduos do sexo masculino, podendo esta ser explicada pela maior área muscular dos homens, ao contrário da mulher que possui uma menor área muscular e um maior acúmulo de gordura na região do quadril. Isso evidenciou os resultados encontrados mostrando que a composição corporal influenciou a potência anaeróbica alática dos indivíduos.

Para programas de treinamentos longos, que necessitem de um acompanhamento da evolução da performance, como o proposto por Battie *et al.* (2016), que aplicou um programa de 40 semanas de treinamento pliométrico, com uma frequência 2x na semana em 20 voluntários do sexo masculino. O modelo matemático proposto no presente estudo pode ser uma solução simples, prática e eficiente para o acompanhamento da performance sem a necessidade de uma bateria de testes.

CONCLUSÃO

Observou-se na amostra estudada uma correlação significativa entre a variável potência e o modelo matemático proposto, sendo significativa o modelo matemático criado para predição impulsão vertical. Com isso a predição da impulsão vertical pode ser uma estratégia operacional rápida para medir a evolução da força nos praticantes de corrida dentro de um programa de treinamento pliométrico, mas não substitui os testes em si para o efeito de verificação da efetividade do programa de treinamento.

REFERÊNCIA

- AKSOVIC, N.; BJELICA, B.; MILANOVIC, F.; JOVANOVIC, N.M. Plyometric training effects on explosive power, sprint, and direction change speed in basketball: A review. *Turk J Kinesiol*, v.7, n.2, p.73-79, 2021.
- BATTIE, K.; CARSON, B.P.; LYONS, M.; ROSSITER, A.; KENNY, I.C. The effect of strength training on performance indicators in distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research Publish*. 2016, DOI: 10.1519/jsc.00000000000001464
- FERRAGUT, C. *et al.* Predicción de la altura de salto vertical, importancia del impulso mecánico y de la masa muscular de las extremidades inferiores. *Revista Motricidad – European Journal of Human Movement*, n.10, p.7-22, 2003.
- FILIPAS, L.; BONATO, M.; MAGGIO, A.; GALLO, G.; CODELLA, R. Effects of plyometric training on different 8-week training intensity distributions in well-trained endurance runners. *Scand J Med Sci Sports*. v.33, n.3, p.200-212, 2022. DOI: 10.1111/sms.14257.
- DE SOUZA, F.G.; DE MELO, R.R.O; GARCIA, M.A.C. Desempenho de atletas de voleibol do sexo feminino em saltos verticais. *Revista eletrônica da Escola de Educação Física e Desportos – UFRJ*, Rio de Janeiro, v.2, n.2, p.3-20, 2006.
- HARMAN, E.A.; ROSENSTEIN, M.T.; FRYKMAMPN, R.R.M.; KRAEMER, W.J. Estimation of human power output from a vertical jump. *J Appl Sport Sci Res*. v.5, n.3, p.116-120, 1991.
- HOUSH, T.J. *et al.* Anthropometric and body build variables as discriminators of event participation in elite adolescent male track and field athletes. *Journal of sports sciences*, v.2, n.1, p.3-11, 1984.
- JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Practical assessment of body composition. *The Physician and sports medicine*. v.13, p.256-262, 1985.
- MACHADO, A.F. Dobras cutâneas: localização e procedimentos. *Motricidade*. v.4, n.2, p.41-45, 2008.
- MACHADO, A.F. *et al.* Effects of plyometric training on the performance of 5-km road runners. *Journal of Physical Education and Sport*, v.19, n.1, p.691-695, 2019.
- ROGATTO, G.P.; VALIM, P.C. Relação entre área muscular da coxa e nível de força máxima dos músculos extensores do joelho de atletas de natação e voleibol. *Lecturas educación física y deportes*, Buenos Aires, v.8, n.48, 2002. Disponível em: <<https://www.efdeportes.com/efd48/volei.htm#:~:text=Os%20resultados%20encontrados%20pelo%20atual,quanto%20por%20maior%20atividade%20neural>>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- SALGADO, G.G.; PAULA, A.H. de; COTTA, D.O. Relação entre circunferência magra de coxa e impulsão vertical em atletas de voleibol. *Lecturas educación física y deportes*, Buenos Aires, v.12, n. 107, 2007. Disponível em: <[https://www.efdeportes.com/efd107/impulsao-vertical-em-atletas-de-voleibol.htm#:~:text=A%20partir%20dos%20resultados%20conclui,0%2C019\)%2C%20indicando%20que%20quanto%20maior](https://www.efdeportes.com/efd107/impulsao-vertical-em-atletas-de-voleibol.htm#:~:text=A%20partir%20dos%20resultados%20conclui,0%2C019)%2C%20indicando%20que%20quanto%20maior)>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- VILLARREAL, E.S.S. de. Variables determinantes en el salto vertical. *Lecturas educación física y deportes*, Buenos Aires, v. 10, n 70, 2004. Disponível em: <<https://www.efdeportes.com/efd70/salto.htm#:~:text=La%20acción%20del%20salto%20vertical,técnica%20de%20ejecución%2C%20y%20otras>>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- WONG, P. *et al.* Relationship between anthropometric and physiological characteristics in youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v.23, n.4, p.1204-1210, 2009.

AGRADECIMENTO

Ao professor e nosso amigo Bruno Mendes de Paiva, *in memoriam*, por nos ajudar em todo processo de coleta de dados durante a pesquisa realizada na cidade de Petrópolis/RJ.

Laboratório de Ciências e esporte da Universidade Católica de Petrópolis
R. Barão do Amazonas, 124 Centro
Petrópolis/RJ
25685-100