PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
Mestrado Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde

MICHAEL INÁCIO DOS SANTOS

GUIA DE AVALIAÇÃO DO SALTO VERTICAL

Londrina - Paraná
2023

MICHAEL INÁCIO DOS SANTOS

GUIA DE AVALIAÇÃO DO SALTO VERTICAL

Relatório Técnico-Científico apresentado ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde (Universidade Pitágoras Unopar), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Gonçalves de Oliveira

Londrina - Paraná
2023

GUIA DE AVALIAÇÃO DO SALTO VERTICAL

MICHAEL INÁCIO DOS SANTOS

Relatório Técnico-Científico apresentado ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde (Universidade Pitágoras Unopar), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre, conferido e aprovado pela Banca Examinadora:

_____
Prof. Dr. Raphael Gonçalves de Oliveira (Orientador)
Universidade Norte do Paraná

_____
Prof. Dr. Alex Silva Ribeiro
Universidade Norte do Paraná

_____
Prof. Dr. Kleverton Krinski
Universidade Estadual do Norte do Paraná

Londrina, Paraná, 9 de maio de 2023.

SANTOS, Michael Inácio dos. **Guia de Avaliação do Salto Vertical**. Relatório Técnico-Científico. Mestrado Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde. Universidade Pitágoras Unopar, Londrina. 2023.

RESUMO

O salto vertical caracteriza-se como um teste motor pioneiro, desenvolvido no século XIX, com objetivo de oferecer uma medida de condicionamento físico geral e estado de saúde de um indivíduo. Nos dias de hoje, profissionais da área do exercício físico, continuam a usar o teste de salto vertical, principalmente para avaliar a altura máxima obtida durante o salto, como um indicador de potência muscular de membros inferiores. Desta forma, o salto vertical acaba sendo muito utilizado no contexto esportivo, visando a avaliação e monitoramento de atletas de diferentes modalidades. Contudo, o teste muitas vezes acaba sendo subutilizado em rotinas de avaliação física destinadas a pessoas que praticam esporte de forma recreativa, ou daqueles que praticam exercício físico rotineiramente como forma de lazer, seja para manutenção, melhora da saúde, ou outros benefícios. Isso porque, o salto vertical é fácil de ser aplicado, não requer movimentos extremamente complexos, sua execução leva pouco segundos e pode ser administrado com instrumentos simples e de baixo custo, como aplicativos de smartphones. Para além de ser um indicativo de força e potência muscular de membros inferiores, a altura do salto vertical, que é o resultado mais comum do teste, pode ainda, ser utilizado para identificar pessoas com maiores chances de ter densidade mineral óssea reduzida, considerando sua idade e sexo. Isso é particularmente relevante, considerando que a identificação precoce de pessoas com menor densidade mineral óssea pode contribuir com o estabelecimento de estratégias de intervenção precoce, reduzindo incidências futuras de osteoporose e suas consequências, como fraturas. Com esta problemática em mente, objetivo deste produto técnico foi desenvolver um material didático que possa ser utilizado como guia de avaliação do salto vertical, por profissionais do exercício físico, como professores de Educação Física e Fisioterapeutas. Para isso, foram descritos os principais tipos de salto vertical, instrumentos de medida e apresentação de valores de referência por padrões normativos e de critério. Espera-se que este material possa contribuir para que o teste de salto vertical seja introduzido de maneira mais efetiva em rotinas de avaliação física não somente voltadas para o alto desempenho, mas também para o monitoramento de pessoas que buscam o exercício físico para promoção da saúde.

PALAVRAS-CHAVE: aptidão física; potência muscular; teste motor; propriedade de medida; validade; confiabilidade.

SANTOS, Michael Inácio dos. Vertical Jump Assessment Guide. Technical-Scientific Report. Professional Master's Degree in Physical Exercise in Health Promotion. Pitágoras Unopar University, Londrina. 2023.

ABSTRACT

The vertical jump is characterized as a pioneering motor test, developed in the 19th century, with the objective of offering a measure of general physical conditioning and health status of an individual. Nowadays, professionals in the field of physical exercise continue to use the vertical jump test, mainly to assess the maximum height obtained during the jump, as an indicator of muscle power in the lower limbs. In this way, the vertical jump ends up being widely used in the sports context, aiming at the evaluation and monitoring of athletes from different modalities. However, the test often ends up being underused in physical assessment routines aimed at people who practice sport recreationally, or those who practice physical exercise routinely as a form of leisure, whether for maintenance, improvement of health, or other benefits. This is because the vertical jump is easy to apply, does not require extremely complex movements, its execution takes just a few seconds and can be administered with simple and low-cost instruments, such as smartphone applications. In addition to being an indicator of lower limb muscle strength and power, the height of the vertical jump, which is the most common result of the test, can also be used to identify people with greater chances of having reduced bone mineral density, considering their age and sex. This is particularly relevant, considering that the early identification of people with lower bone mineral density can contribute to the establishment of early intervention strategies, reducing future incidences of osteoporosis and its consequences, such as fractures. With this problem in mind, the objective of this technical product was to develop didactic material that can be used as a guide for evaluating the vertical jump, by physical exercise professionals, such as Physical Education teachers and Physiotherapists. For this, the main types of vertical jump, measurement instruments and presentation of reference values by normative standards and criteria were described. It is expected that this material can contribute to the vertical jump test being introduced more effectively in physical assessment routines not only aimed at high performance, but also for monitoring people who seek physical exercise for health promotion.

KEYWORDS: physical fitness; muscle power; motor test; measurement property; validity; reliability.

GUIA DE AVALIAÇÃO DO SALTO VERTICAL



Imagens: Roseira

Michael Inácio dos Santos
Raphael Gonçalves de Oliveira

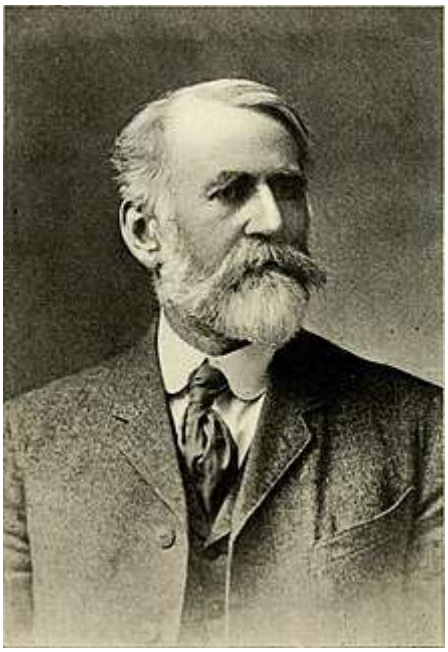
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1
2. SALTO VERTICAL 4
2.1. Tipos de salto vertical 6
2.1.1. Counter Movement Jump 6
2.1.2. Squat Jump 7
2.1.3. Drop Jump 8
2.1.4. Principais diferenças entre as variações do salto vertical 8
2.1.5. Cuidados durante a aplicação do teste de salto vertical 9
2.2. Instrumentos para Avaliação do Salto Vertical 10
2.2.1. Testes de laboratório 10
2.2.1.1. *Plataforma de força* 10
2.2.1.2. *Tapete de contato* 11
2.2.1.3. *Células fotoelétricas* 12
2.2.2. Testes de campo 14
2.2.2.1. *Vertec* 14
2.2.2.2. *Belt mat* 16
2.2.2.3. *Sargent jump* 17
2.2.3. Aplicativos de smartphone 18
2.2.3.1. *My Jump* 18
2.2.3.2. *Jumpo* 19
2.3. Valores de referência 21
2.3.1. Valores normativos para o salto vertical 23
2.3.2. Valores de critério para o salto vertical 24
2.3.2.1. *Baixa densidade mineral óssea e risco para osteoporose* 26
2.3.2.2. *Salto vertical como preditor de baixa densidade mineral óssea* 29
3. CONCLUSÃO 32
REFERÊNCIAS 33
ARTIGO CIENTÍFICO 43

1. INTRODUÇÃO

Testes motores visando avaliação da aptidão física datam principalmente da segunda metade do século 19. Dudley Allen Sargent (1849-1924) (Figura 1) foi um dos pioneiros na sistematização de testes motores neste período, ficando ele, conhecido pelo desenvolvimento do teste de salto vertical, utilizado até os dias de hoje, mais conhecido como *Sargent Jump test*. Acredita-se, que ele criou o teste com o intuito de obter a partir de seu resultado, uma medida geral de condicionamento físico e saúde (PATE; ORIA; PILLSBURY, 2012).

Figura 1 – Dudley Allen Sargent



Disponível em: https://auev.org/dudley-allen-sargent/

Apesar do suposto objetivo inicial do teste envolver a intenção de analisar o condicionamento físico geral e saúde, na prática, o salto vertical se mostrou uma medida com forte correlação com a força e potência muscular de membros inferiores (SALLES et al., 2012). Neste sentido, atualmente, o teste de salto vertical tem sido utilizado nas rotinas de avaliação física de diferentes populações, como atletas de alto rendimento (BATTAGLIA et al., 2014), até pessoas sedentárias, como crianças (BCHINI et al., 2023) e idosos (SANTOS et al., 2022). Além disso, pode ser utilizado para monitoramento e acompanhamento da evolução/recuperação de pessoas em reabilitação (O'MALLEY et al., 2018), análise da assimetria de potência muscular de membros inferiores (MENZEL et al., 2013), como medida

de prontidão para o exercício físico e fadiga neuromuscular (WATKINS et al., 2017), dentre outros.

Existem diferentes formas de aplicação do salto vertical, sendo as três principais: 1) *countermovement jump* (salto contramovimento); 2) *squat jump* (salto agachado); e 3) *drop jump* (salto após uma queda). Tipicamente, como forma de mensurar com maior precisão a potência muscular de membros inferiores, o salto vertical é avaliado com o executante mantendo as mãos apoiadas na cintura, minimizando com isso, a influência dos membros superiores durante o movimento. Contudo, outra possibilidade, é a variação na qual o salto pode ser executado com os membros superiores livres. Neste caso, o movimento coordenado dos membros superiores durante o salto auxilia no impulso, o que pode aumentar a validade externa em avaliações envolvendo atletas de voleibol e basquetebol, por exemplo, uma vez que nestes esportes, o salto é executado com movimento livre dos braços. Existem ainda, formas de aplicação e instrumentos de avaliação em que o movimento dos membros superiores se torna necessário, como no tradicional *Sargent Jump test*, ou utilizando um equipamento Vertec, nos quais a técnica de saltar-e-alcançar é necessária.

A classificação normativa de pessoas em diferentes faixas etárias, discriminadas por sexo e nível de treinamento (não atletas ou atletas), é capaz de apontar se os valores obtidos a partir dos resultados do salto vertical estão dentro do que se é esperado. Para isso, estudos realizam avaliação do salto vertical num contingente variado de pessoas, para que seja possível, a partir dos resultados obtidos, estabelecer uma classificação em percentis e a partir dos mesmos, determinar faixas de referência, como por exemplo: excelente, acima da média, dentro da média, abaixo da média e muito abaixo da média.

Mais recentemente, estudos tem indicado que resultados obtidos por intermédio da avaliação do salto vertical, podem ser utilizados também como critério de saúde. A medida de resultado que tem se correlacionado com a altura do salto vertical é a densidade mineral óssea, ou mais precisamente, a condição de saúde que indica risco para o desenvolvimento de osteopenia ou osteoporose (BAPTISTA et al., 2016; KING, 2016). Desta forma, o profissional do exercício físico, ao aplicar o teste de salto vertical, pode classificar o executante como de maior ou menor risco para o desenvolvimento futuro da osteoporose.

Neste sentido, o presente material didático, visa auxiliar profissionais do exercício físico quanto as possibilidades e formas de aplicação dos principais tipos de salto vertical, além de apresentar instrumentos de medição e classificação dos resultados a partir de valores normativos ou de critério de saúde. Destaca-se, que este é o primeiro material didático exclusivamente dedicado para orientação quanto aplicação e análise dos resultados obtidos a partir do salto

vertical. Outros materiais, destinados a orientação de testes para avaliação física, por serem mais genéricos, acabam não abordando, ou abordando superficialmente o teste de salto vertical, apesar de sua importância na rotina de avaliação da aptidão física.

2. SALTO VERTICAL

Saltar é considerada uma habilidade motora de locomoção, sendo uma das sete habilidades motoras fundamentais (GALLAHUE; OZMUN, 2002). Existem diferentes tipos de salto, sendo o salto vertical um dos mais utilizados, tanto em rotinas de avaliação física, como em protocolos treinamento físico. Seu uso visa principalmente o monitoramento (avaliação) e o desenvolvimento (treinamento) da potência muscular de membros inferiores (OSTOJIĆ et al., 2010).

A potência, do ponto de vista mecânico, representa uma força agindo sobre um objeto dentro da máxima velocidade possível. No âmbito do exercício físico, a potência envolve movimentos rápidos e bem-sucedidos, executados com a máxima força disponível, como em saltos, arremessos, chutes e *sprints* (ex.: correr o mais rápido possível uma curta distância). Considerando um único músculo isoladamente, acredita-se que a potência muscular dependa de vários fatores biológicos e mecânicos. Para o primeiro, a influência pode advir do tamanho do músculo, percentual de unidades motoras de contração rápida e arquitetura muscular, por exemplo, enquanto o segundo, pode ser influenciado por fatores como comprimento do músculo e velocidade de encurtamento (MARKOVIC; JARIC, 2007).

No salto vertical, para além de aspectos biológicos e mecânicos relacionados ao músculo esquelético, a potência muscular produzida é influenciada por aspectos neurais. Isso porque, para saltar mais alto, o executante deve alcançar a maior aceleração vertical possível antes de deixar o solo. Ou seja, quanto maior a aceleração gerada no início do movimento, mais alto o centro de massa corporal atingirá no pico do salto. Esse processo é dependente não somente da massa muscular, mas também de mecanismos neurais, como o reflexo de estiramento do fuso muscular, que garante uma reação mais rápida do corpo durante o movimento. Neste sentido, um melhor desempenho no salto vertical é dependente do aumento da massa muscular e treinamento de mecanismos neurais (ZIV; LIDOR, 2010).

Outro aspecto que em tese poderia influenciar o desempenho do salto vertical é o fator aprendizado, ou seja, adequada execução. Neste sentido, um bom executante do movimento poderia alcançar alturas maiores no pico do salto. No entanto, estudo que comparou “bons saltadores” *vs* “maus saltadores” por análise biomecânica cinemática, identificou que o melhor desempenho dos bons saltadores não ocorre devido a técnica, mas sim, devido à maior capacidade muscular em termos de força e taxa de desenvolvimento de força em todas as articulações dos membros inferiores. Com isso, as características de força muscular das

articulações dos membros inferiores são o principal determinante do desempenho do salto vertical, com a técnica desempenhando um papel menor (VANEZIS; LEES, 2005).

No que diz respeito ao uso do salto vertical em rotinas de avaliação, o interesse se deve ao fato, dentre alguns fatores, da relativa facilidade de aplicação do protocolo de avaliação e dos diferentes desfechos possíveis de serem observados. A medida de resultado mais comum é a altura do salto em centímetros, embora outros desfechos possam ser mensurados a partir de alguns instrumentos, como: tempo de vôo, tempo de contato, assimetria intermembros, índice de força reativa, potência média, pico de potência, taxa de força reativa, tempo no ar, velocidade na decolagem e pico de velocidade.

Estes parâmetros, historicamente foram utilizados principalmente para monitoramento da aptidão física em atletas de alto rendimento. Isso se deve ao fato, da potência muscular ter sido considerada um componente da aptidão física relacionada ao desempenho atlético (CASPERSEN; POWELL; CHRISTENSON, 1985), com poucas informações sobre sua influência em desfechos de saúde. Mais recentemente, desfechos derivados do salto vertical têm sido testados para predizer baixa densidade mineral óssea, ou seja, um desfecho de saúde. Isso ocorreu, principalmente, por conta de uma recomendação de especialistas do Instituto de Medicina norte-americano, que destacou a importância da potência muscular para a avaliação e vigilância do condicionamento físico em jovens (PATE; ORIA; PILLSBURY, 2012).

A relação entre a potência muscular derivada do salto vertical e saúde óssea se deve ao fato do osso ser responsivo a exercícios de alto impacto. Estudo recente de revisão sistemática, demonstrou que exercícios de alto impacto parecem ter o efeito mais significativo na densidade mineral óssea, devido à compressão, tensão de cisalhamento e alta carga no osso, causando remodelação óssea. Dentro desta gama de exercícios, podem ser incluídos os exercícios de força, que estimulam a remodelação óssea de forma indireta por intermédio do aumento da massa muscular, valendo-se de pesos, molas, faixas elásticas ou até mesmo o próprio peso corporal e aqueles que trabalham exercícios pliométricos, incluindo o salto vertical (KOSHY et al., 2022).

Neste sentido, a hipótese é de que pessoas que dispõe de um melhor desempenho no salto vertical, de algum modo, tiveram maior estímulo para este tipo de atividade, ou possuem maior nível de aptidão física musculoesquelética, e, por consequência, apresentam maior densidade mineral óssea. Essa relação entre potência muscular observada em testes de salto vertical e melhor saúde óssea, tem sido apontada por diferentes estudos com crianças e adolescentes (JANZ et al., 2022a; JANZ et al., 2022b; HENRIQUES-NETO et al., 2020; VLACHOPOULOS et al., 2017; BAPTISTA et al., 2016; JANZ et al., 2015) e adultos de

diferentes faixas etárias (YINGLING et al., 2021; YINGLING et al., 2020; BERRO et al. 2019; KHAWAJA et al., 2019; KING, 2016).

No que diz respeito a sua execução, o salto vertical requer movimento multiarticular, que exige certa coordenação motora, sendo necessário, em alguns casos, familiarização com a técnica, especialmente por parte de algumas populações, como crianças e idosos, não habituados com o movimento (VRBIK et al., 2017; ARGAUD et al., 2019). Sua execução pode ocorrer de diferentes maneiras. Os três principais tipos de salto vertical serão abordados a seguir.

2.1. Tipos de Salto Vertical

As três principais variações do salto vertical são: *counter movement jump, squat jump* e *drop jump*. Independentemente da variação, para indivíduos não habituados com o movimento, o salto vertical pode caracterizar-se como uma habilidade complexa, que exige boa coordenação motora, consciência corporal, grande recrutamento de grupos musculares e treinamentos prévios para familiarização com a técnica (ARAUJO, 2013). Dependendo do tipo de salto vertical, instrumento utilizado, ou objetivo durante a aplicação, o movimento pode ser realizado com as mãos na cintura ou com os membros superiores livres. A seguir, as variações do salto vertical serão abordadas em maiores detalhes, para na sequência, serem apresentados os principais instrumentos utilizados para estimar a altura do salto.

2.1.1. Counter Movement Jump

O *counter movement jump* é uma modalidade de salto no qual o executante se encontra em pé com os joelhos e quadris estendidos, mantendo os pés apontados para a frente separados por uma distância igual à largura dos ombros. Na sequência, realiza o ciclo de alongamento e encurtamento, usando a força elástica de agachar para realizar o salto vertical logo em seguida (CARLOS-VIVAS et al., 2018). Uma característica definidora do *counter movement jump* é a fase descendente realizada antes do salto, composta pela desaceleração e frenagem, seguida imediatamente pelo impulso para cima (RAUCH et al., 2020). É a técnica mais comum e natural da realização de um salto vertical (Figura 2) (JIDOVTSEFF et al., 2014).

Figura 2 – Execução do *counter movement jump*



Disponível em: castironstrength.com.

2.1.2. Squat Jump

O *squat jump* é um tipo de salto vertical no qual o avaliado parte da posição estática de semi-agachamento e se impulsiona para cima realizando a extensão das articulações dos membros inferiores (HASSON et al., 2004). Nesta variação do salto vertical o executante recebe as instruções para se posicionar com os pés apontados para a frente e separados por uma distância igual à largura dos ombros, mantendo um semi-agachamento isométrico, para na sequência, saltar o mais alto possível sem realizar qualquer contramovimento (Figura 3). Por ser uma técnica de execução mais difícil que o *counter movement jump*, é necessário realizar uma cuidadosa familiarização nesta modalidade de salto (JIDOVTSEFF et al., 2014).

Figura 3 – Execução do *squat jump*



Disponível em: castironstrength.com.

2.1.3. Drop Jump

O *drop jump* consiste em "cair" de uma caixa de maneira em direção ao solo e logo após a queda, realizar um salto subsequente, aproveitando a potência mecânica e elástica proveniente do movimento descendente (BADILLO; AYESTARAN, 2001). O executante inicia o movimento em posição ortostática, em pé, sobre uma plataforma medindo normalmente 30 cm de altura, embora outras alturas possam ser utilizadas. Os quadris e joelhos são mantidos estendidos e os pés apontados para a frente separados por uma distância igual à largura dos ombros. Ao comando do avaliador, o executante inclina-se para frente até "cair" em pé no solo, realizando neste momento um semi-agachamento, para em seguida, estender os quadris e os joelhos, projetando o corpo verticalmente, visando saltar o mais alto possível (Figura 4) (BARBALHO, 2021).

Figura 4 – Execução do *drop jump*



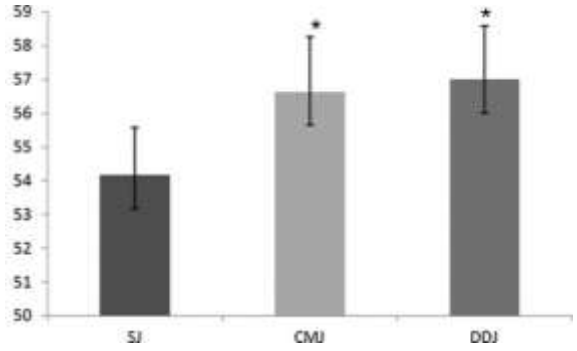
Disponível em: https://moticon.com.

2.1.4. Principais diferenças entre as variações do salto vertical

A escolha do tipo de salto pode depender da especificidade da atividade principal realizada pelo executante, ou então, do que se pretende avaliar (EARP et al., 2010). Por exemplo, no *counter movement jump* ocorre um ciclo de alongamento e encurtamento, no qual o corpo armazena e redireciona a energia através de um movimento excêntrico, seguido por um movimento concêntrico. O ciclo de alongamento e encurtamento faz com que mais potência seja gerada na fase concêntrica do salto, quando comparado a não realização da fase excêntrica (*squat jump*). Por outro lado, o *drop jump* é tipicamente utilizado para verificar como o corpo

responde quando uma carga adicional é introduzida na fase excêntrica. Desta forma, quando comparados os três tipos de salto vertical (Figura 5), o squat jump deverá apresentar menor altura, como demonstrado por Earp et al. (2010).

Figura 5 – Comparação da altura média (cm) em três diferentes tipos de salto vertical (SJ: *squat jump*; CMJ: *counter movement jump*; DDJ: *drop jump*) em 25 indivíduos treinados (*diferença significativa comparada ao SJ)



Fonte: Earp et al. (2010).

2.1.5. Cuidados durante a aplicação do teste de salto vertical

Antecedendo ao teste de salto vertical, um adequado aquecimento deve ser realizado. Este, pode ser composto por uma corrida em esteira ou pedalada em cicloergômetro, mantendo-se uma velocidade moderada e carga confortável, de forma a possibilitar um adequado aquecimento, sem causar fadiga muscular. Na sequência, uma sequência de alongamentos dinâmicos pode ser realizada, seguida por uma sequência de saltos verticais submáximos. Toda rotina de aquecimento não deve durar mais do que 10 minutos, tempo este suficiente para preparar o executante para um teste máximo de salto vertical. Após a escolha do tipo de salto que será executado, é recomendado que o movimento seja realizado três vezes e apenas o melhor salto seja considerado nos resultados da avaliação realizada. Entre as tentativas, um intervalo de descanso entre um até três minutos deve ser respeitado, para que o avaliado possa se recuperar do salto anterior (BURKETT; PHILLIPS; ZIURAITIS, 2005).

Apesar da facilidade de aplicação do salto vertical, um aspecto crítico que deve ser considerado é o método de avaliação, uma vez que o mesmo pode interferir de maneira importante nos resultados observados. Diferentes instrumentos de avaliação têm sido utilizados para mensurar a altura do salto, sendo o mais fidedigno a plataforma de força, que tipicamente calcula a altura do salto pelo tempo de voo (LINTHORNE, 2001). Apesar deste instrumento

ser o padrão outro para análise do salto vertical, seu alto custo impede a utilização em larga escala, ficando restrito, basicamente, a laboratórios de centros de pesquisa, universidades e clubes esportivos de elite. Neste sentido, outros instrumentos de menor custo tem sido testados em relação a validade e confiabilidade para mensuração do salto vertical. Na sequência, serão apresentados alguns instrumentos utilizados em laboratório, testes de campo e aplicativos de *smartphones*.

2.2. Instrumentos para Avaliação do Salto Vertical

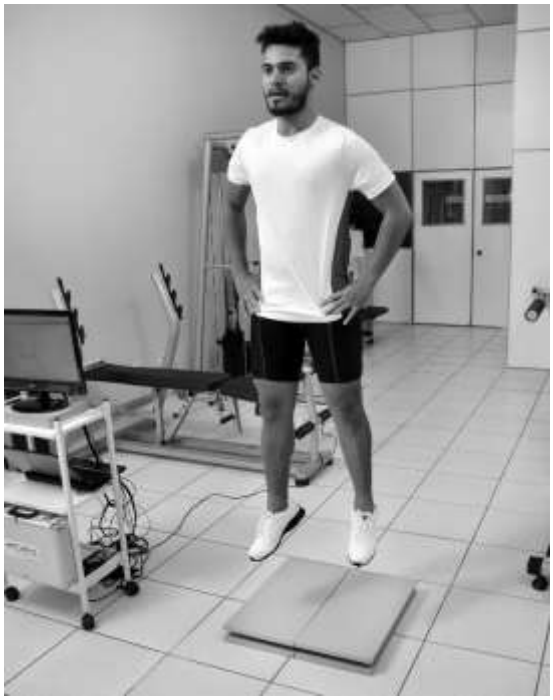
2.2.1. Testes de laboratório

Os testes de laboratório são aqueles que requerem equipamentos mais sofisticados e consequentemente possuem maior custo. São assim denominados, pois geralmente, necessitam de ambiente controlado, como sala climatizada, na qual permanecem apenas avaliador(es) e avaliado. Além disso, esses equipamentos necessitam serem conectados a um computador e utilizam softwares específicos para seu funcionamento. Valendo-se destes instrumentos, qualquer tipo de salto vertical pode ser realizado (*drop jump*, *squat jump* ou *counter movement jump*). Apesar de existirem outras opções, abordaremos aqui os instrumentos mais usuais: plataforma de força, tapete de contato e células fotoelétricas.

2.2.1.1. Plataforma de força

O teste executado sobre uma plataforma de força (Figura 6) é considerado padrão ouro para avaliar o salto vertical. Consiste em uma placa sob a qual estão localizados sensores que medem a força reativa do solo, à medida que o executante realiza os movimentos necessários ao salto vertical. A partir dessas medidas, é possível calcular as potências média e de pico com precisão. O sistema da plataforma de força tipicamente determina a altura do salto através do tempo de voo, aplicando o teorema impulso-momento para curva de força-tempo, ou aplicando o teorema trabalho-energia para curva de força-deslocamento (LINTHORNE, 2001). As principais medidas oferecidas por este equipamento após execução do salto vertical são: variáveis de desempenho (altura do salto e potência), pico de velocidade (PV), força máxima ($F_{máx}$), absoluta e relativa, taxa de desenvolvimento de força (TDF) e tempo para atingir a força máxima ($TF_{máx}$) (DAL PUPO, DETANICO, DOS SANTOS, 2012).

Figura 6 – Execução do salto vertical sobre uma plataforma de força



Disponível em: https://cefise.com.br/

2.2.1.2. Tapete de contato

Da mesma forma que a plataforma de força, o tapete de contato utiliza o tempo de voo para calcular a altura do salto vertical. Microinterruptores embutidos no tapete de contato cronometram o intervalo entre a decolagem do executante e sua aterrissagem (WHITMER et al., 2015). Segundo Klavora (2000), estes dispositivos fornecem algumas vantagens em relação aos testes de campo, pois além de serem mais precisos, podem ser executados em um curto espaço de tempo, otimizando análises quando a coleta envolve muitos sujeitos. Como a plataforma de força, eles também eliminam a necessidade de medir a altura de alcance do executante. Comparado com a plataforma de força, o tapete de contato é mais fácil de transportar e também mais acessível (FERREIRA, CARVALHO, SZUMUCHROWSKI, 2008).

O tapete de contato (Figura 7) consiste em duas superfícies condutivas, que fecham o circuito elétrico com pequenas pressões (princípio do interruptor). No momento em que os pés do avaliado perdem o contato com o tapete, um cronômetro é disparado no *software*. A interrupção do cronômetro acontece no momento em que os pés do avaliado entram em contato novamente com o tapete e fecham os interruptores. Desse modo, o tempo de vôo é mensurado e a altura do salto, juntamente com os demais parâmetros é calculada pelo *software* do tapete de contato (FERREIRA, CARVALHO, SZUMUCHROWSKI, 2008).

Figura 7 – Execução do salto vertical sobre um tapete de contato



Disponível em: https://cefise.com.br/

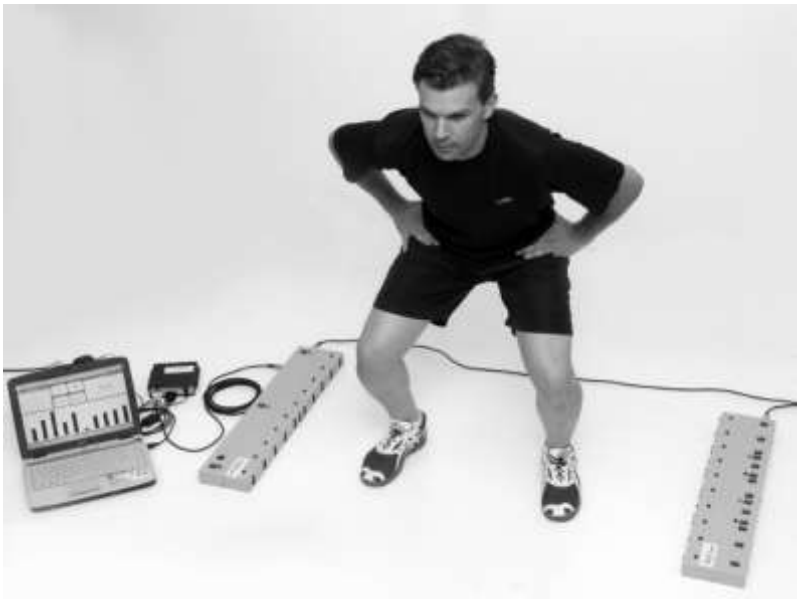
Apesar da maior praticidade em se utilizar um tapete de contato em relação a uma plataforma de força, devido ao seu menor custo e maior portabilidade, estudos tem demonstrado que os valores provenientes do salto vertical podem diferir entre os instrumentos, o que deve ser levado em consideração por profissionais do exercício físico. Reeve e Tyler (2013) verificaram que o tapete de contato pode superestimar a altura do salto em adultos não treinados, quando comparado com a plataforma de força, havendo diferença significativa entre os instrumentos. Esta mesma informação foi demonstrada pelo estudo de Whitmer et al. (2015), no qual o tapete de contato apresentou significativamente maior altura do salto vertical em estudantes universitários, ao ser comparado com uma plataforma de força (tapete de contato = 0,50 ± 0,12 m, plataforma de força = 0,34 ± 0,10 m), embora tenha havido alta correlação entre os instrumentos (r = 0,99). Os autores identificaram ainda, que o erro de medida aumenta em saltos mais altos, indicando que o tapete de contato fornece resultados aceitáveis para população em geral, mas não para atletas de elite.

2.2.1.3. Células fotoelétricas

O sistema de células fotoelétricas consiste em duas unidades (barras) que são posicionadas de forma paralelas ao nível do solo, com aproximadamente um metro de distância uma da outra, sendo uma unidade receptora e a outra transmissora (Figura 8). A altura do salto

é mensurada por intermédio de circuitos fotoelétricos, que no momento do salto são ativados, interrompendo os feixes de infravermelho/laser. Assim como na plataforma de força e no tapete de contato, a altura do salto é medida pelo tempo de voo. Comparada a plataforma de força este sistema possui menor custo, é mais fácil de transportar, podendo ser utilizado em qualquer superfície (exceto na areia), permitindo com isso, maior validade externa quando isto for importante.

Figura 8 – Execução do salto vertical utilizando células fotoelétricas



Disponível em: https://cefise.com.br/

Apesar de ser um sistema confiável para analisar a altura do salto vertical (CCI = 0,98, teste-reteste) e com excelente correlação com a plataforma de força (r = 0,99), o sistema de células fotoelétricas apresentou uma diferença significativa comparada àquele instrumento, subestimando a altura do salto em jovens adultos (GLATTHORN et al., 2011). Por sua vez, o estudo de Garcia-Lopez et al. (2013) buscou verificar a validade de dois diferentes dispositivos de células fotoelétricas comparados com uma plataforma de força sobre a altura do salto vertical em adultos jovens. Ambos os sistemas de células fotoelétricas subestimaram a altura do salto, embora um deles não tenha apresentado diferença significativa e demonstrado alta correlação (r = 0,99) com a plataforma de força. Neste sentido, ao utilizar esta tecnologia, o profissional deverá verificar especificamente o sistema de células fotoelétricas utilizado e se ele possui validade frente ao equipamento de referência (plataforma de força).

2.2.2. Testes de Campo

Os testes de campo são aqueles que requerem normalmente pouco material para aplicação dos protocolos e envolvem baixo custo. Além disso, são testes fáceis de aplicar, requerendo poucos aparatos, sendo dependente principalmente da explicação correta por parte do avaliador. Entre os testes de campo utilizados para avaliação do salto vertical é possível destacar o salto com cinto (*Belt mat*) e aqueles que utilizam da técnica de pular-e-alcançar (*jump-and-reach*), como o *Sargent Jump* ou o salto no equipamento Vertec. O salto com cinto e o equipamento Vertec são pouco utilizados, particularmente no Brasil. Por outro lado, o *Sargent Jump* é amplamente aplicado para avaliar a altura do salto vertical, sendo o de menor custo e de mais fácil aplicação. Estes instrumentos/testes serão abordados a seguir com maiores detalhes.

2.2.2.1. Vertec

O teste de pular-e-alcançar é utilizado para medição da altura do salto vertical utilizando-se o equipamento Vertec. O dispositivo é composto por palhetas giratórias de plástico espaçadas em 1 cm. As palhetas são presas a uma haste vertical de metal. A palheta mais baixa é ajustada individualmente, de forma a corresponder à altura de alcance da mão dominante do executante, que se encontrará ereto ao lado do equipamento. No momento da medição, para ajuste da palheta mais baixa, o braço dominante é estendido acima da cabeça, usando toda a amplitude de movimento do ombro, mantendo-se ambos os pés totalmente apoiados no chão. Na sequência, o executante realiza um *countermovement jump* com os braços livres. A mão dominante é usada para deslocar a palheta mais alta possível, com um balanço do braço acima da cabeça, na posição de pico do salto. A altura do salto é determinada em cm, computando-se o número de palhetas deslocadas acima do poste de metal (Figura 9) (MUEHLBAUER et al., 2017).

Figura 9 – Execução do salto vertical no equipamento Vertec



Disponível em: sportsphysio.ie/test/jump-testing/vertec.html

Estudos que buscaram verificar a validade do equipamento Vertec para medir a altura do salto vertical identificaram correlação alta com instrumentos de referência, porém, com significativa diferença na média da altura do salto vertical, demonstrando que o Vertec pode superestimar ou subestimar a altura do salto. Isso provavelmente ocorre pelo fato da flexibilidade do ombro e extensão do cotovelo influenciar diretamente no resultado do teste, o que dificilmente pode ser controlado.

Buckthorpe, Morris e Folland (2012) ao comparar o Vertec com uma plataforma de força, verificaram diferença signiticativa entre os instrumentos. Neste caso, o Vertec subestimou a altura do salto (diferença de -2,4 ± 6,6 cm) em adultos jovens, apesar de ter havido alta correlação (r = 0,91) entre os instrumentos. Muehlbauer et al. (2017) compararam o Vertec com um sistema de células fotoelétricas e da mesma forma, a diferença entre os instrumentos foi significativa. Os autores observaram que o Vertec superestimou a altura do salto vertical (46,8 ± 9,1 *vs.* 35,6 ± 7,2) em adolescentes jogadores de handebol, embora também tenha havido alta correlação (r = 0,84) entre os instrumentos.

Tendo em vista a alta correlação com equipamentos de referência, o Vertec pode ser utilizado para avaliar a altura do salto vertical, contudo, seus resultados devem ser interpretados com cautela. Isso quer dizer que os resultados do Vertec não devem ser comparados com os de outros instrumentos de medida, mas podem eventualmente serem utilizados para avaliar o mesmo indivíduo em diferentes momentos e acompanhar sua evolução.

2.2.2.2. Belt mat

O *Belt mat* consiste em um tapete/placa de borracha ou metal, na qual o executante posiciona-se em cima. Um cinto é afixado na cintura do executante, no qual é preso uma fita métrica. A parte inferior da fita métrica passa por um alimentador que está acoplado ao tapete/placa. Antecedendo ao salto, a fita métrica é ajustada no ponto zero (0 cm). Durante o salto vertical a fita métrica desliza pelo alimentador até que o participante atinja o ápice do salto (Figura 10). Na sequência, a altura do salto pode ser registrada a partir do comprimento da fita que passou pelo alimentador (KLAVORA, 2000).

Uma vantagem deste instrumento é que o salto vertical pode ser executado tanto com as mãos na cintura, como também, com movimento livre dos membros superiores, uma vez que ele não é dependente da técnica saltar-e-alcançar. O *Belt mat* demonstrou validade para determinar a altura do salto vertical ao ser comparado com uma plataforma de força em adultos jovens. Houve alta correlação (r = 0,93), sem diferença significativa entre os instrumentos (diferença de -0,1 ± 5,5 cm), demonstrando que os resultados ofertados pelo *Belt mat* são válidos e podem ser comparados com equipamentos de referência (BUCKTHORPE, MORRIS, FOLLAND, 2012).

Figura 10 – Execução do salto vertical no *Belt mat*



Disponível em: kinesiology101.com/product/the-vertical-jump-test/

2.2.2.3. Sargent jump

O teste *Sargent jump* é o de menor custo para avaliar o salto vertical, requerendo basicamente pó de giz, fita métrica e uma parede. Para avaliar o desempenho neste teste, o executante tem a ponta dos dedos da mão dominante marcados com pó de giz. Em pé, com o corpo voltado lateralmente para uma parede, e o braço estendido acima da cabeça, o executante marca na parede o ponto mais alto que pode alcançar, mantendo os pés unidos e toda planta dos pés no chão. Na sequência, o executante realiza um *countermovement jump*, batendo a ponta dos dedos sujos com giz no ponto mais alto possível contra a parede (Figura 11). Para determinar a altura do salto, mede-se a diferença entre os dois pontos marcados na parede.

Salles et al. (2012) demonstraram que a altura do salto em jogadores de futebol, mensurada pelo *Sargent jump* possui alta correlação com os dados obtidos pela plataforma de força (CCI = 0,99), além disso, o teste demonstrou ótima reprodutibilidade intra e inter-avaliador (CCI > 0,99). Por fim, a diferença média entre os dados obtidos pelos instrumentos não foi significativa (-1,2 ± 2,0 cm). Isso demonstra que os dados observados no teste *Sargent Jump* são válidos e confiáveis, podendo ser utilizados com segurança por profissionais do exercício físico, inclusive comparando seus resultados com equipamentos de referência.

Figura 11 – Execução do *Sargent Jump*



Fonte: Autor.

2.2.3. Aplicativos de *Smartphone*

Com o avanço da tecnologia no âmbito de avaliações físicas, os *smartphones* trouxeram a possibilidade da utilização dos aplicativos para mensurar diferentes componentes da aptidão física, que de forma prática e com baixo custo podem realizar avaliações fornecendo dados de forma rápida e imediata, permitindo boa aplicabilidade. No âmbito do salto vertical é possível realizar as coletas em campos, quadras ou tatames, por exemplo, uma vez que o executante não necessita estar sobre uma plataforma específica. Outros diferenciais são a facilidade de transporte e o manuseio simples (BARBALHO et al., 2021). Alguns aplicativos são pagos, embora apresentem baixo custo, enquanto outros podem ser baixados gratuitamente.

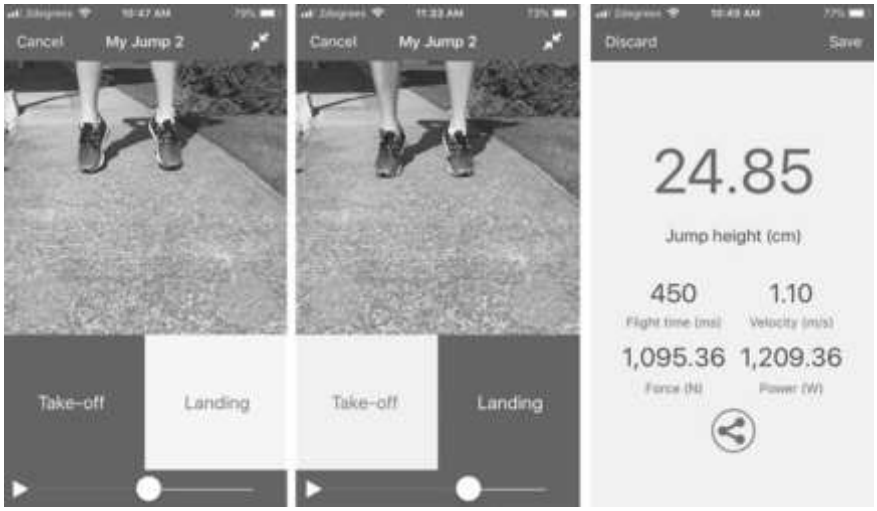
Existem alguns estudos analisando a validade e a confiabilidade de parâmetros derivados do salto vertical medidos por aplicativos de *smartphones*, com três estudos de revisão publicados até o momento (SHARP et al., 2019; SILVA et al., 2021; TURAN et al., 2022). Os autores tiveram por objetivo verificar a validade e a confiabilidade do aplicativo *My Jump* e sua versão mais atualizada, o *My Jump 2*, para avaliar o salto vertical. Para isso, foram incluídos nos estudos de revisão, publicações científicas que verificaram as propriedades de medida do aplicativo. No geral, os autores concluíram que o *My Jump* é valido e confiável para avaliação da altura do salto vertical.

O aplicativo *My Jump* é o mais citado e pesquisado na literatura científica, contudo, existem outros, como é o caso do Jumpo e sua versão atualizada Jumpo 2. Na sequência, abordaremos com maiores detalhes o uso destes dois aplicativos para análise do salto vertical.

2.2.3.1. My Jump

O *My Jump* é um aplicativo de *smartphone* que avalia o desempenho do salto vertical por análise de vídeo. Este aplicativo sofreu uma atualização e passou a ser denominado *My Jump 2*. O salto vertical é gravado por vídeo a partir da câmera do *smartphone*. O aparelho pode ser posicionado sobre um tripé a 90 cm do avaliado e a 5 cm do chão, de modo que a câmera focalize os membros inferiores. Feito a filmagem do salto, o avaliador seleciona manualmente o frame exato de decolagem e aterrisagem do salto. Com esses dados e a diferença de tempo entre eles, o aplicativo calcula os seguintes parâmetros: altura do salto (cm); tempo de vôo (ms); velocidade da decolagem (ms); força (N); e potência (W) (Figura 12) (ROGERS et al., 2019).

Figura 12 – *Layout* do *My Jump 2*



Acesse o QR Code abaixo para assistir o uso do aplicativo

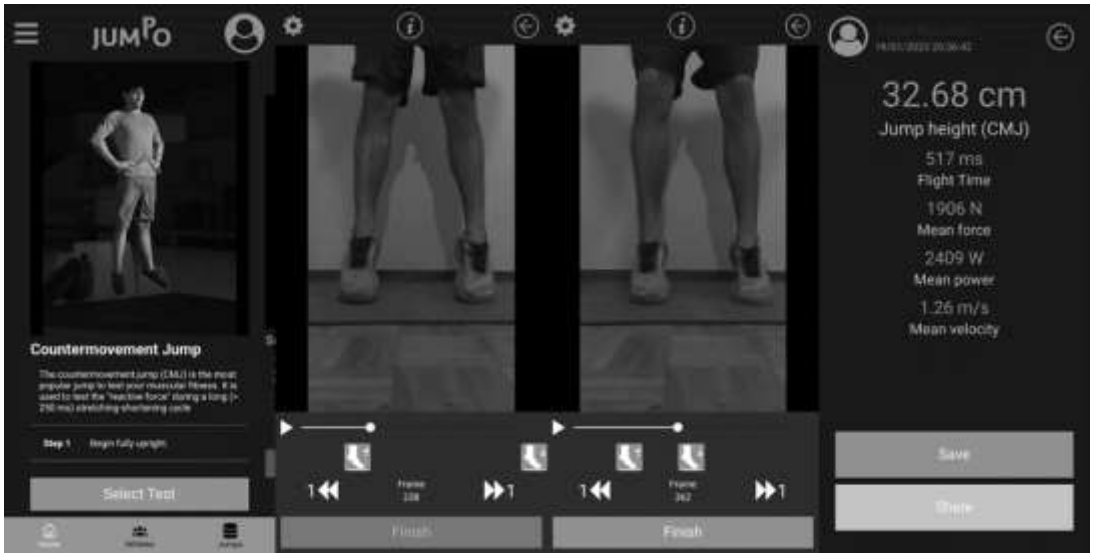
Disponível em: https://play.google.com/store/search?q=my%20jump%202&c=apps.

Estudo de metanálise (TURAN et al., 2022) não identificou diferenças significativas (p = 0,315) na altura do salto vertical entre os dados obtidos por equipamentos de referência, como plataformas de força e tapetes de contato, com aqueles mensurados pelo aplicativo *My Jump*. A correlação entre os instrumentos de critério e o aplicativo foi alta (0,990 [$IC_{95\%}$ 0,966 - 0,997]), assim como, as medidas de confiabilidade (0,980 [$IC_{95\%}$ 0,955 - 0,991]). Neste sentido, o aplicativo de celular *My Jump* configura-se como uma boa opção para avaliação do salto vertical.

2.2.3.2. Jumpo

Apesar do aplicativo *My Jump* ser o mais pesquisado na literatura científica, outros *apps* podem ser utilizados para avaliação do salto vertical, como é o caso do *Jumpo 2* (Figura 13). Este aplicativo, da mesma forma que o *My Jump*, também realiza análises a partir da gravação de vídeo do salto vertical com a câmera de um *smartphone*. O *smartphone* é posicionado em um tripé a 90 cm do executante. Após a execução do salto, o avaliador seleciona manualmente os frames de decolagem e aterrisagem para que o aplicativo estime a altura do salto (AZEVEDO et al., 2019).

Figura 13 – Layout do aplicativo *Jumpo* 2



Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.victormacedo10.JumPo2

Azevedo et al. (2019) ao verificarem a validade concorrente do aplicativo frente a um tapete de contato observaram alta concordância (CCI entre 0,94 e 0,97) para diferentes tipos de salto vertical (*countermovement jump, squat jump e drop jump*) em lutadores, sem diferenças significativas entre os instrumentos. Além disso, todos os saltos apresentaram alta confiabilidade intra-avaliadores (CCI > 0,91) e inter-avaliadores (CCI > 0,93). Vieira (2021) observaram a validade concorrente do Jumpo frente a uma plataforma de força em estudantes universitários. Foram realizados o *countermovement jump* e *squat jump*. A correlação entre os instrumentos foi sempre alta ($r \geq 0,93$), embora tenha havido diferenças significativas entre eles. Por fim, alta confiabilidade teste-reteste foi observada (CCI ≥ 0,94). Para que os dados do aplicativo possam ser coincidentes aos da plataforma de força os autores forneceram uma equação de calibração.

Como apenas dois estudos tiveram por objetivo verificar a validade e a confiabilidade do aplicativo Jumpo, mais análises são necessárias, sobretudo com o Jumpo 2, que ainda não foi testado cientificamente. Ainda assim, com os dados disponíveis até o momento, é possível recomendar seu uso para análise do salto vertical, tendo em vista a alta correlação com equipamentos de referência e confiabilidade intra e inter-avaliadores observada nos estudos.

Uma novidade do Jumpo 2 é a possibilidade de análise do salto vertical por intermédio da captação de áudio do momento da decolagem e da aterrisagem, eliminando com isso, possíveis erros do avaliador, que neste caso, não necessita indicar os frames de decolagem e aterrisagem. O som feito pelos pés nestes dois momentos são captados pelo aplicativo que calcula automaticamente a altura do salto vertical.

2.3. Valores de referência

Valores de referência tornam-se importante para o profissional do exercício físico, pois desta forma, é possível classificar o escore obtido pelo executante dentro de uma categoria. Estas, devem indicar se o resultado do teste atende o que se é esperado para o executante, considerando sua faixa etária e sexo, por exemplo. Existem basicamente duas formas de se estabelecer valores de referência para resultados de testes motores utilizados em rotinas de avaliações físicas, por norma ou por critério de saúde. Na avaliação referenciada por norma, os valores de referência são obtidos a partir de estudos com amostra representativa de uma determinada população. Neste caso, ao avaliar um grande grupo de indivíduos com características semelhantes, é possível obter valores de referência do que seria um escore "normal" para o teste motor aplicado (GUEDES; GUEDES, 2006).

Por exemplo, para definição dos pontos-de-corte referenciados por norma da bateria de testes motores EUROFIT, foram avaliados quase três milhões de resultados de testes motores aplicados em crianças e adolescentes de 30 diferentes países. O resultado de cada teste foi apresentado em percentis, discriminado por idade (9-17 anos) e sexo (masculino e feminino) (TOMKINSON et al., 2018). Alguns autores sugerem uma estrutura baseada em quintil para classificar os níveis de condicionamento físico por valor normativo: muito baixo (< percentil 20); baixo (percentis 20-40); moderado (percentis 40-60); bom (percentis 60-80); muito bom (> percentil 80) (TOMKINSON et al., 2017; ORTEGA et al., 2011; ALBINO et al., 2010), embora existam outras classificações considerando mais ou menos categorias. Desta forma, se o escore de um futuro avaliado corresponder ao percentil 35, sua classificação é "baixa", significando, na verdade, que o seu desempenho é mais baixo do que 65% dos sujeitos da sua mesma idade e sexo, o que pode não necessariamente representar risco para sua saúde.

Por outro lado, na avaliação por critério, é usual a utilização de indicadores de saúde, haja vista que não importa indicar ao executante o lugar que ocupa frente aos seus pares, mas sim, sua classificação frente a pontos-de-corte previamente estabelecidos como de maior ou menor risco para o desenvolvimento de certos tipos de doenças (GUEDES; GUEDES, 2006). Por exemplo, a bateria de testes *FitnessGram*, oficialmente presente nos 50 estados norte-americanos e mais 14 outros países, estabeleceu pontos-de-corte para aptidão cardiorrespiratória de forma a classificar jovens em risco para futuros eventos cardiovasculares. Para isso, foram utilizados dados de amostra representativa da população jovem dos Estados

Unidos, derivada do *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) (WELK et al., 2011).

Neste caso, os jovens foram submetidos a testes de aptidão cardiorrespiratória para determinação do $VO_{2máx}$ e exames para identificação de síndrome metabólica, como indicador de risco cardiovascular. Na sequência, análise estatística de sensibilidade e especificidade pela curva ROC permitiu definir valores de critério de forma a classificar os jovens em três categorias: (1) "zona saudável", com elevada especificidade (capacidade para identificar os casos verdadeiro-negativos); (2) "zona de risco", com elevada sensibilidade (capacidade para identificar os casos verdadeiro-positivos); e (3) "zona de alerta", que abriga os casos entre as duas condições extremas e, consequentemente, com risco moderado para aparecimento e desenvolvimento de disfunções cardiometabólicas no futuro. Com isso, a partir do valor obtido por um jovem no teste de aptidão cardiorrespiratória, não importa o quanto ele se assemelha aos seus pares, mas sim, se ele está em risco para um desfecho cardiovascular futuro.

Contudo, para os diferentes testes motores, valores referenciados por critério são escassos, predominando valores normativos, sobretudo em testes de aptidão musculoesquelética, como é o caso do salto vertical. Esse problema foi evidenciado por uma comissão de especialistas constituída pelo *Institute of Medicine*, um importante e respeitado órgão norte-americano vinculado à área da medicina (PATE; ORIA; PILLSBURY, 2012). Os especialistas enfatizaram a necessidade de estabelecimento de pontos-de-corte referenciados por critério de saúde, especialmente em testes motores destinados à avaliação da aptidão musculoesquelética, que possam evidenciar risco futuro para o desenvolvimento de desfechos osteomusculares, como lombalgias, osteoporose e sarcopenia, por exemplo. Isso fez com que esforços fossem invitados nos últimos anos, para o estabelecimento de pontos-de-corte referenciados por critério quando da aplicação do salto vertical (JANZ et al., 2022b; BAPTISTA et al.; 2016; KING, 2016).

Por essa razão, um profissional do exercício físico, ao aplicar o teste de salto vertical, deverá buscar o sistema de classificação que melhor atenda os objetivos pelo qual o teste foi realizado. Destaca-se, que prioritariamente, devem ser empregadas classificações elaboradas com base em valores de critério, tendo em vista que a "mensagem final" reflete o estado de saúde, indicando níveis reais de aptidão física para minimizar o risco futuro para o desenvolvimento de certos tipos de doenças. Na sua ausência, valores normativos podem ser aplicados, contudo, reconhecendo a existência de algumas limitações importantes: (1) a informação pode criar expectativas irreais entre aqueles que não possuem como objetivo um melhor desempenho atlético; (2) os valores referenciados por norma mudam com o tempo e

necessitam serem atualizados com certa frequência; (3) a interpretação dos resultados dos testes físicos depende do nível de aptidão física apresentado pela população de referência; (4) existe uma tendência de premiar aqueles já aptos e desencorajar os menos aptos, que não vislumbram alcançar o padrão pré-determinado; (5) tendência de favorecimento daqueles supostamente "geneticamente talentosos" (PATE; ORIA; PILLSBURY, 2012). Exceção se faz, quando objetivo estiver atrelado ao alto rendimento, ou na identificação de talentos para o esporte, quando então, a classificação por valores normativos é a mais adequada (LARKIN et al., 2023). Na sequência, serão apresentados valores normativos disponíveis na literatura para classificação de diferentes populações no que diz respeito ao desempenho no salto vertical, para no tópico seguinte, serem apresentados valores de critério.

2.3.1. Valores normativos para o salto vertical

Valores normativos devem refletir ao máximo possível a população de referência, considerando faixa etária e sexo, assim como, o nível de condicionamento físico (atletas ou não atletas). Ainda, sempre que possível, a localidade deve ser considerada, principalmente no caso de não atletas. Com isso, salvo na inexistência de dados, serão apresentados valores correspondentes a população brasileira para fins deste material. A tabela 1 apresenta valores de referência para o *counter movement jump* em população brasileira adulta não atleta, enquanto a tabela 2 apresenta valores de referência do mesmo teste para atletas (Perez et al., 2020).

Tabela 1 – Valores de referência para o *counter movement jump* em adultos não atletas

Mulheres					
Idade	**20-39**	**40-49**	**50-59**	**60-69**	**70+**
Fraco	< 20,0	< 18,0	< 15,0	< 12,0	< 10,0
Regular	20,0 – 22,0	18,0 – 21,0	15,0 – 17,0	12,0 – 16,0	10,0 – 11,0
Médio	22,1 – 24,7	21,1 – 22,0	17,1 – 19,0	16,1 – 17,0	11,1 – 13,0
Bom	24,8 – 29,2	22,1 – 25,0	19,1 – 22,0	17,1 – 20,0	13,1 – 16,0
Ótimo	> 29,2	> 25,0	> 22,0	> 20,0	> 16,0
Homens					
Idade	**20-39**	**40-49**	**50-59**	**60-69**	**70+**
Fraco	< 30,4	< 24,0	< 22,4	< 20,0	< 13,6
Regular	30,4 – 35,0	24,0 – 29,0	22,4 – 25,8	20,0 – 22,0	13,6 – 17,0
Médio	35,1 –37,2	29,1 – 32,0	25,9 – 29,2	22,1 – 23,0	17,1 – 19,0
Bom	37,3 – 40,6	32,1 – 35,0	29,3 – 32,0	23,1 – 25,0	19,1 – 22,0
Ótimo	> 40,6	> 35,0	> 32,0	> 25,0	> 22,0

Adaptado de Albino et al. (2010). Valores em centímetros.

Tabela 2 – Valores de referência para o *counter movement jump* em atletas profissionais

	Excelente	Acima da média	Média	Abaixo da média	Baixo
Homens	> 81,3	71,0 – 81,3	60,9 – 70,9	50,8 – 60,8	< 50,8
Mulheres	> 71,1	60,9 – 71,1	50,8 – 60,8	40,6 – 50,7	< 40,6

Adaptado de Perez et al. (2020). Valores em centímetros.

Em relação a crianças e adolescentes, recente revisão sistemática demonstrou que nenhum estudo até o momento teve por objetivo discriminar pontos-de-corte e classificação referenciada por norma para o salto vertical em população brasileira (LIMA et al., 2021). Neste sentido, serão apresentados valores normativos de crianças e adolescentes espanholas (CASTRO-PIÑERO et al., 2009) para o *counter movement jump* na tabela 3.

Tabela 3 – Valores de referência para o *counter movement jump* em crianças e adolescentes

Meninas						
Idade	**6-7**	**8-9**	**10-11**	**12-13**	**14-15**	**16-17**
Fraco	< 12,6	< 15,1	< 17,8	< 21,4	< 23,7	< 24,7
Regular	12,6 – 14,8	15,1 – 17,8	17,8 – 21,0	21,4 – 25,2	23,7 – 27,7	24,7 – 28,4
Médio	14,9 – 16,8	17,9 – 20,2	21,1 – 23,8	25,3 – 28,5	27,8 – 31,1	28,5 – 31,6
Bom	16,9 – 19,0	20,3 – 22,9	23,9 – 27,1	28,6 – 32,5	31,2 – 35,1	31,7 – 35,3
Ótimo	> 19,0	> 22,9	> 27,1	> 32,5	> 35,1	> 35,3
Meninos						
Idade	**6-7**	**8-9**	**10-11**	**12-13**	**14-15**	**16-17**
Fraco	< 13,1	< 15,9	< 19,0	< 24,5	< 31,3	< 37,4
Regular	13,1 – 15,7	15,9 – 18,8	19,0 – 22,4	24,5 – 28,7	31,3 – 36,4	37,4 – 43,0
Médio	15,8 – 18,0	18,9 – 21,5	22,5 – 25,4	28,8 – 32,5	36,5 – 40,8	43,1 – 47,7
Bom	18,1 – 20,8	21,6 – 24,6	25,5 – 29,0	32,6 – 36,9	40,9 – 46,0	47,8 – 53,1
Ótimo	> 20,8	> 24,6	> 29,0	> 36,9	> 46,0	> 53,1

Adaptado de Castro-Piñero et al. (2009). Valores em centímetros.

2.3.2. Valores de critério para o salto vertical

Em relação aos valores referenciados por critério, como abordado anteriormente, existe uma escassez de informações para os diferentes testes de aptidão musculoesquelética, incluindo o salto vertical. Para este teste, os estudos disponíveis até o momento, visaram identificar principalmente, o poder preditivo de resultados obtidos no salto vertical, para identificar pessoas em maior risco para o desenvolvimento de osteoporose no futuro (JANZ et al., 2022b; BAPTISTA et al.; 2016; KING, 2016).

Para que isso fosse possível, os estudos que indicaram os pontos-de-corte referenciados por critério de saúde, aplicaram na população de interesse, o teste principal (salto vertical)

seguido da análise do critério de saúde (ex.: densidade mineral óssea para estabelecer o risco para osteoporose no futuro). Com estas duas informações, os autores realizam análise estatística para verificar se o teste tem ou não acurácia (capacidade preditiva) para identificar pessoas em maior risco para o desenvolvimento da doença.

Para melhor compreensão, o teste estatístico utilizado nestes estudos, apresenta uma curva, denominada de curva ROC (*receiver operator characteristic curve*). Quanto maior a área sob a curva (*Area Under the Curve* - AUC), melhor a capacidade do teste para prever o risco da doença. AUC pode variar de 0,0 (0%) até 1,0 (100%), com 0,5 (linha diagonal) indicando que o teste motor não tem poder preditivo e 1,0, indicando poder perfeito (Figura 14). Para fins de interpretação, valores de AUC entre 0,50 e 0,69; 0,70 e 0,89; e ≥ 0,90, são considerados de baixa, moderada e elevada acurácia, respectivamente (FISCHER et al., 2003). Quanto maior a AUC, melhor é a capacidade percentual de acerto para detectar os verdadeiros positivos, chamado de sensibilidade (ex.: pessoas que vão mal no teste e possuem baixa densidade mineral óssea) e verdadeiros negativos, chamado de especificidade (ex.: pessoas que vão bem no teste e possuem densidade mineral óssea dentro do esperado). Assim como a acurácia global (AUC), os valores de sensibilidade e especificidade podem variar de 0% até 100%.

Figura 14 – Três exemplos de gráficos de curva ROC:
a) acurácia de 0,50; b) acurácia de 0,85; e c) acurácia de 1,00



Fonte: adaptado de https://cienciaenegocios.com.

Em se tratando de teste motor visando identificar pessoas em maior ou menor risco para o desenvolvimento de certos tipos de doença, não é esperado uma acurácia perfeita (AUC = 100%). Neste sentido, uma acurácia moderada (≥ 0,70), com poder preditivo de no mínimo 70%, pode indicar que o teste motor pode ser utilizado para uma triagem inicial, de forma a indicar maior ou menor risco de um indivíduo para o desenvolvimento da doença/distúrbio considerado. Usando como exemplo o salto vertical, importante ficar claro, que não é objetivo do teste substituir o exame que efetivamente detecta a doença/distúrbio musculoesquelético,

mas sim, ser usado para que pessoas em maior potencial risco, sejam precocemente identificadas. Isso porque, exames específicos costumam ter custos elevados e não são realizados em larga escala ou precocemente.

O salto vertical tem sido investigado para prever o risco futuro de osteoporose, ao identificar precocemente, pessoas com maiores chances de estarem com densidade mineral óssea abaixo do ideal. Sabe-se, que em doenças crônico-degenerativas, como a osteoporose, a identificação precoce de pessoas em maior risco para seu desenvolvimento é fundamental. Desta forma, um tratamento adequado pode ser direcionado o mais cedo possível. A importância de ter um teste simples e de baixo custo para uma triagem inicial, se dá pelo fato de exames de densidade mineral óssea serem restritos e de alto custo.

O equipamento de referência para observação da densidade mineral óssea é o densitômetro ósseo, que realiza o exame conhecido como DXA (*Dual-energy X-ray absorptiometry*). Este exame, infelizmente, não é realizado como rotina, mesmo em populações de risco, principalmente devido ao seu alto custo e falta de acesso em muitos locais. Aziziyeh et al. (2019b) demonstraram que em países da américa latina (Argentina, Brasil, Colômbia e México), o acesso a exames para avaliar a densidade mineral óssea são extremamente limitados, devido ao baixo número de máquinas e regiões que possuem um densitômetro ósseo. Os equipamentos são concentrados principalmente em clínicas privadas e em centros urbanos maiores.

Desta forma, o uso de outros instrumentos mais acessíveis e de baixo custo, podem ser uma alternativa para uma triagem inicial, podendo serem realizados em larga escala, fora do ambiente clínico ou hospitalar. Neste caso, como já salientado anteriormente, torna-se importante que o teste alternativo, apresente uma boa acurácia para identificar sujeitos em maior risco para o distúrbio musculoesquelético considerado. A partir da identificação de pessoas em maior risco, intervenções podem ser recomendadas (ex.: direcionamento para a prática de exercícios físicos mais específicos para condição de risco apresentada), além de se possível, encaminhamento para realização de exames mais precisos, como no desfecho em questão, um exame de densitometria óssea para confirmação de valores inadequados de densidade mineral óssea.

2.3.2.1. Baixa densidade mineral óssea e risco para osteoporose

A densidade mineral óssea pode ser avaliada por diferentes instrumentos, como tomografia computadorizada, ultrossonografia e densitometria pelo equipamento DXA, que é

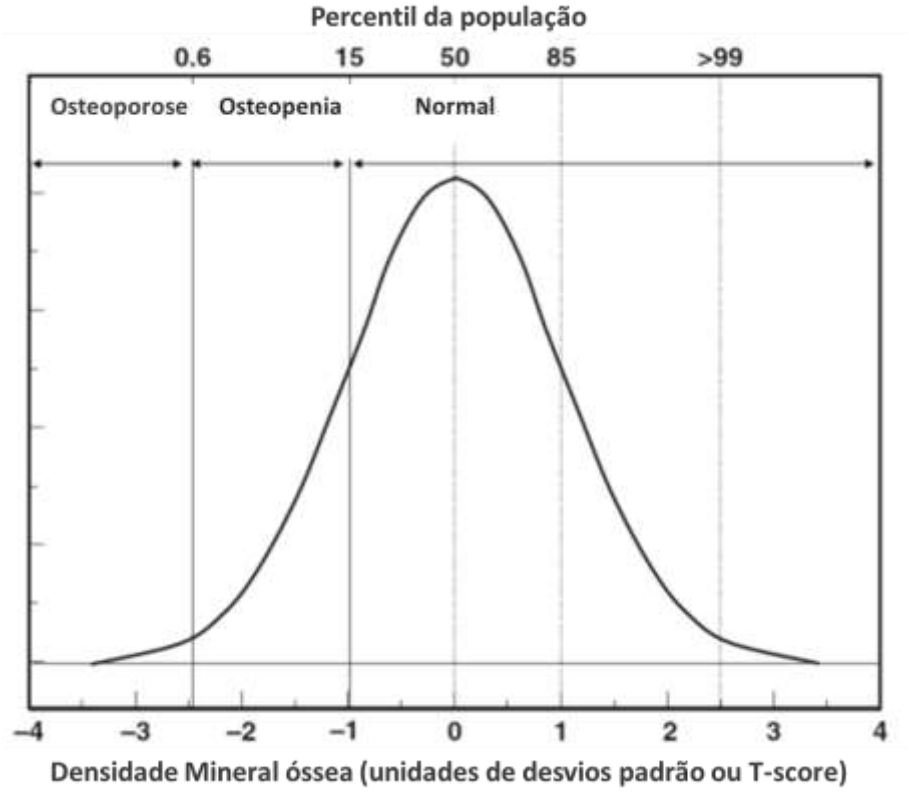
o instrumento considerado padrão ouro para este tipo de análise. Avaliação da densidade mineral óssea possibilita ainda, classificar um indivíduo por intermédio do T-score, que diz respeito ao número de desvios padrões (DPs) que ficam abaixo da média de um adulto jovem. A Organização Mundial da Saúde (OMS) define como osteoporose quando o indivíduo apresenta um T-score ≤ -2,5. A tabela 4 apresenta as classificações referentes a condição óssea definidas pela OMS (NHI, 2023), também ilustrada na Figura 15 (KANIS, 2019).

Tabela 4 – Definições da OMS com base nos níveis de densidade mineral óssea

Nível	Definição
Normal	A densidade óssea está dentro de 1 DP (≥ -1) da média do adulto jovem.
Baixa massa óssea (osteopenia)	A densidade óssea está entre 1 e 2,5 DP abaixo da média do adulto jovem (< -1 e > -2,5 DP).
Osteoporose	A densidade óssea está 2,5 DP ou mais abaixo do que a média do adulto jovem (≤ -2,5 DP).
Osteoporose grave (estabelecida)	A densidade óssea está mais de 2,5 DP abaixo da média do adulto jovem e houve uma ou mais fraturas osteoporóticas.

Adaptado de NHI (2023).

Figura 15 – Valores limite para osteopenia (baixa massa óssea) e osteoporose



Fonte: adaptado de Kanis (2019).

Neste sentido, com já abordado anteriormente, considerando os custos e limitações de utilização em larga escala de exames de densidade mineral óssea, testes simples e de baixo custo como o salto vertical, podem ser usados rotineiramente para prever o risco futuro de desenvolvimento de osteopenia e osteoporose. Em crianças e adolescentes, por exemplo, é possível classificá-los com densidade mineral óssea abaixo da média para sua faixa etária e sexo, ajustado para altura corporal. Normalmente, são considerados abaixo da média, adolescentes com densidade mineral óssea ≤ -1,0 DP ou ≤ -1,5 DP (BAPTISTA et al., 2016; JANZ et al., 2022b). Ou seja, uma criança ou adolescente que se encontra abaixo da média para sua faixa etária e sexo, possui uma tendência futura de se manter abaixo da média e vir a apresentar osteopenia e osteoporose quando da fase adulta (BAXTER-JONES et al., 2008).

Sabendo que o pico de massa óssea ocorre justamente no início da fase adulta e que esse pico é determinante para a densidade mineral óssea no futuro, identificar precocemente crianças e adolescentes com densidade mineral óssea abaixo do esperado para sua faixa etária e sexo torna-se fundamental, para que intervenções precoces sejam realizadas. Importante considerar também, que algumas populações são mais susceptíveis ao desenvolvimento de osteoporose, como é o caso das mulheres, além da incidência ser maior em pessoas de pele clara. Ainda, diferentes fatores intrínsecos e extrínsecos podem potencializar a ocorrência de osteoporose, como: baixo peso corporal, tabagismo, alcoolismo, ingestão inadequada de cálcio e vitamina D, inatividade física, deficiência de hormônio sexual e fatores genéticos (CHRISTODOULOU; COOPER, 2003).

A importância deste desfecho é destacada pela *International Osteoporosis Foundation* (IOF, 2023): no mundo, a doença causa 8,9 milhões de fraturas por ano (uma a cada 3 segundos). Considerando pessoas com mais de 50 anos, 1 em cada 3 mulheres e 1 em cada 5 homens sofrerá fratura por osteoporose, o que acarreta um grande custo pessoal e econômico com a doença. No Brasil, por exemplo, em 2017, o custo total com internações por fraturas osteoporóticas no quadril chegou a quase 130 milhões de reais (STOLNICKI; TEIXEIA, 2022), sendo que em idosos brasileiros, a taxa de mortalidade é de quase 35% após cirurgias por fraturas de quadril (PEREIRA et al., 2010). O valor por ano chega a 310 milhões de dólares, quando considerado todos os tipos de custo (hospitalar, avaliações, cirurgias, medicamentos e produtividade) relacionados a fraturas por osteoporose no Brasil. A maior proporção da carga é atribuída a perda de produtividade (61%) (AZIZIYEH et al., 2019a).

Esses dados demonstram a importância do monitoramento da saúde óssea desde a idade jovem. Considerando que o teste de salto vertical é um possível preditor de baixa densidade

mineral óssea, na sequência, serão apresentados estudos que buscaram validar pontos-de-corte que podem ser utilizados por profissionais do exercício físico, quando da observação dos resultados deste teste motor.

2.3.2.2. Salto vertical como preditor de baixa densidade mineral óssea

Baptista et al. (2016) avaliaram 114 meninos e meninas com idade média de 8,5 anos. Os autores, estimaram a altura do *countermovement jump* (com as mãos apoiadas na cintura), por intermédio de um tapete de contato e a densidade mineral óssea do corpo todo, rádio e fêmur, foi avaliada por DXA e considerada abaixo do ideal quando ≤ −1,0 DP, após ajuste pela estatura. Foi encontrada uma acurácia significativa para altura do salto vertical prever densidade mineral óssea abaixo do ideal, tanto para meninos (AUC = 0,82 [$IC_{95\%}$ 0,68-0,95]), quanto para meninas (AUC = 0,85 [$IC_{95\%}$ 0,70-1,00]). A tabela 5 apresenta os valores da altura e da potência do salto vertical encontrados para predizer crianças de 8 a 9 anos de idade com densidade mineral óssea abaixo dos valores de referência para faixa etária e sexo.

Tabela 5 – Pontos-de-corte para resultados do *countermovement jump* (sem auxílio dos membros superiores), para predizer meninos e meninas de 8 a 9 anos de idade com baixa densidade mineral óssea

Meninas (idade)	**Altura do salto (cm)***	**Potência do salto (W)**
8	< 20,5	< 621
9	< 19,4	
Meninos (idade)	**Altura do salto (cm)***	**Potência do salto (W)**
8	< 19,9	< 735
9	< 18,2	

***valores corrigidos pela média de massa corporal. Adaptado de Baptista et al. (2016).**

Janz et al. (2022b) avaliaram 466 meninas e meninos entre 10 e 18 anos de idade. Uma plataforma de força foi utilizada para análise da altura do salto vertical, enquanto a densidade mineral óssea foi medida por DXA para as regiões de corpo inteiro e quadril. Foram diagnosticados com densidade mineral óssea abaixo da média os participantes com valores ≤ −1,5 DP, considerando valores de referência para idade e sexo, ajustado para estatura. Como a acurácia (AUC) não diferiu entre meninas e meninos, os valores foram combinados numa única análise. Foi identificada uma acurácia significativa da altura do salto vertical para predizer jovens com densidade mineral óssea abaixo do recomendado (AUC = 0,84 [$IC_{95\%}$ 0,80-0,87]).

A tabela 6 apresenta os pontos-de-corte do *countermovement jump* para classificar jovens de 10 a 18 anos em relação à saúde óssea. Os percentis de classificação da amostra que

gerou os pontos-de-corte foram apresentados no estudo de Janz et al. (2022b), discriminados como baixo (≤ 10,7º), marginal (> 10,7º a ≤ 25,4º) e desejável (> 25,4º). Contudo, os valores em centímetros para cada faixa etária e sexo desta mesma amostra, foram apresentados no estudo de Laurson et al. (2022). Neste sentido, os pontos-de-corte aqui apresentados foram adaptados para os percentis ≤ 10º (baixo), > 10 a ≤ 25º (marginal) e > 25º (desejável), conforme apresentado pelos autores.

Tabela 6 – Pontos-de-corte para altura do *countermovement jump* para predizer baixa densidade mineral óssea em meninos e meninas entre 10 e 18 anos de idade

Meninas (idade)	**Desejável**	**Marginal**	**Baixo**
10	> 22,8	> 18,6 a ≤ 22,8	≤ 18,6
11	> 24,6	> 20,5 a ≤ 24,6	≤ 20,5
12	> 26,3	> 22,5 a ≤ 26,3	≤ 22,5
13	> 28,4	> 24,7 a ≤ 28,4	≤ 24,7
14	> 30,3	> 26,9 a ≤ 30,3	≤ 26,9
15	> 31,6	> 28,4 a ≤ 31,6	≤ 28,4
16	> 32,3	> 29,4 a ≤ 32,3	≤ 29,4
17	> 32,9	> 30,1 a ≤ 32,9	≤ 30,1
18	> 33,5	> 30,9 a ≤ 33,5	≤ 30,9
Meninos (idade)	**Desejável**	**Marginal**	**Baixo**
10	> 24,9	> 21,5 a ≤ 24,9	≤ 21,5
11	> 26,7	> 23,1 a ≤ 26,7	≤ 23,1
12	> 28,7	> 25,0 a ≤ 28,7	≤ 25,0
13	> 31,2	> 27,4 a ≤ 31,2	≤ 27,4
14	> 34,2	> 30,2 a ≤ 34,2	≤ 30,2
15	> 37,3	> 33,1 a ≤ 37,3	≤ 33,1
16	> 40,1	> 35,8 a ≤ 40,1	≤ 35,8
17	> 42,6	> 38,2 a ≤ 42,6	≤ 38,2
18	> 44,8	> 40,4 a ≤ 44,8	≤ 40,4

Adaptado de Laurson et al. (2022). Valores em centímetros.

No estudo de King (2016), foram avaliados 303 adultos jovens, com idades entre 18 e 22 anos. Para avaliação do salto vertical foi utilizado o equipamento Vertec e a densidade mineral óssea do quadril total e colo do fêmur foram avaliadas pelo DXA. Foram considerados com densidade mineral óssea abaixo da média aqueles com valores ≤ − 1,0 DP, considerando valores de referência para idade e sexo, ajustado para estatura. Foi observada acurácia significativa (AUC = 0,71) tanto para homens quanto para as mulheres. Este valor correspondeu a um salto vertical de 54,4 cm e 36,2 cm, respectivamente, indicando que adultos jovens que saltarem abaixo deste ponto-de-corte estão em maior risco para baixa densidade mineral óssea (Tabela 7).

Tabela 7 – Pontos-de-corte para altura do *countermovement jump* para predizer baixa densidade mineral óssea em adultos jovens

	Desejável	Baixo
Mulheres	≥ 36,2	< 36,2
Homens	≥ 54,4	< 54,4

Adaptado de King (2016). Valores em centímetros.

3. CONCLUSÃO

O salto vertical caracteriza-se como um teste motor que pode ser facilmente aplicado como rotina de avaliação física em diferentes ambientes, desde o alto rendimento esportivo, como em clubes de elite, até locais direcionadas à prática de exercícios físicos mais direcionados para saúde e lazer, como em escolas, academias de ginástica, centros poliesportivos, entre outros. Como instrumentos de medida, não existe a necessidade de alto investimento, uma vez que a altura do salto vertical pode ser obtida de maneira simplificada, utilizando-se apenas uma fita métrica e giz para demarcação. Além disso, com um aplicativo de *smartphone*, é possível obter de maneira válida e confiável outros desfechos derivados do salto vertical, para além da altura do salto, como potência média, tempo de vôo, velocidade da decolagem e força. Com os resultados observados, o profissional do exercício físico pode utilizar classificações de referência baseadas em norma, de forma a indicar o quanto os resultados se aproximam ou não daqueles obtidos pela maioria da população, o que pode ser especialmente útil em esportes de rendimento e na identificação de jovens talentos. Por outro lado, os resultados observados no teste de salto vertical podem também ser classificados por valores de critério de saúde. O desfecho de saúde que tem se correlacionado com medidas do salto vertical é a densidade mineral óssea. Neste caso, ao utilizar pontos-de-corte referenciados por critério, é possível classificar o executante em maior ou menor risco futuro para o desenvolvimento de osteoporose. Essa opção, deve ser a preferida para utilização em ambientes educativos ou voltados para prática do exercício físico visando saúde e lazer.

REFERÊNCIAS

ALBINO, J.; FREITAS, C. G.; MARTINS, V. M. S.; KANEGUSUKU, H.; ROQUE, T. P.; BARTHOLOMEU, T.; FORJAZ, C. L. M. Tabelas de classificação da aptidão física para frequentadores de parques públicos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v.16, n.5, p.373-377, 2010.

ARAUJO, L. G.; ALVES, J.; MARTINS, A. C.; PEREIRA, G. S.; MELO, S. I. Salto vertical: estado da arte e tendência dos estudos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. v.21, n.1, p.174-181, 2013.

ARGAUD, S.; PAIROT DE FONTENAY, B.; BLACHE, Y.; MONTEIL, K. Age-related differences of inter-joint coordination in elderly during squat jumping. **PloS One**. v.14, n.9, e0221716, 2019.

AZEVEDO, A. C.; MENINEA, D. S.; MAGNO, A. P.; SILVA, T. M.; SOUSA, R. O.; COSWIG, V. S. Aplicativo para dispositivos móveis é alternativa válida para medida de altura em saltos verticais em lutadores. **Revista Andaluza de Medicina Del Deporte**. v.12, n.2, p.83-87, 2019.

AZIZIYEH, R.; AMIN, M.; HABIB, M.; GARCIA PERLAZA, J.; SZAFRANSKI, K.; McTAVISH, R. K.; DISHER, T.; LÜDKE, A.; CAMERON, C. The burden of osteoporosis in four Latin American countries: Brazil, Mexico, Colombia, and Argentina. **Journal of Medical Economics**. v.22, n.7, p.638-644, 2019a.

AZIZIYEH, R.; AMIN, M.; HABIB, M.; PERLAZA, J. G.; McTAVISH, R. K.; LÜDKE, A.; FERNANDES, S.; SRIPADA, K.; CAMERON, C. A scorecard for osteoporosis in four Latin American countries: Brazil, Mexico, Colombia, and Argentina. **Archives of Osteoporosis**. v.14, n.69, p.1-10, 2019b.

BADILLO, J. J. G.; AYESTARÁN, E. G. **Fundamentos do treinamento de força**: aplicação ao alto rendimento desportivo. Porto Alegre: Artmed, 2001.

BAPTISTA, F.; MIL-HOMENS, P.; CARITA, A. I.; JANZ, K.; SARDINHA, L. B. Peak vertical jump power as a marker of bone health in children. **International Journal of Sports Medicine**. v.37, n.8, p.653-658, 2016.

BARBALHO, M.; KLEINER, A. F. R.; CALLEGARI, B.; LIMA, R. C.; SOUZA, G. S.; SILVA, A. A. C.; COSWIG, V. S. Assessing interlimb jump asymmetry in young soccer players: the My Jump 2 app. **International Journal of Sports Physiology and Performance**. v.16, n.1, p.19-27, 2021.

BATTAGLIA, G.; PAOLI, A.; BELLAFIORE, M.; BIANCO, A.; PALMA, A. Influence of a sport-specific training background on vertical jumping and throwing performance in young female basketball and volleyball players. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v.54, n.5, p.581-587, 2014.

BAXTER-JONES, A. D.; KONTULAINEN, S. A.; FAULKNER, R. A.; BAILEY, D. A. A longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual from adolescence to young adulthood. **Bone**. v.43, n.6, p.1101-1107, 2008.

BCHINI, S.; HAMMAMI, N.; OUERGHI, N.; ZALLEG, D.; BOUASSIDA, A. The relationship between lower limb muscle volume and peak vertical jump power in children. **Isokinetics and Exercise Science**. v.31, n1, p.43-49, 2023.

BERRO, A. J.; RASSY, N. A.; AHMAIDI, S.; SABBAGH, P.; KHAWAJA, A.; MAALOUF, G.; EL HAGE, R. Physical performance variables and bone parameters in a group of young overweight and obese women. **Journal of Clinical Densitometry**. v.22, n.2, p.293-299, 2019.

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

BURKETT, L. N.; PHILLIPS, W. T.; ZIURAITIS, J. The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**. v.19, n.3, p.673676, 2005.

CARLOS-VIVAS, J.; MARTIN-MARTINEZ, J. P.; HERNANDEZ-MOCHOLI, M. A.; PEREZ-GOMEZ, J. Validation of the iPhone app using the force platform to estimate vertical jump height. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v.58, n.3, p.227-232, 2018.

CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. E.; CHRISTENSON, G. M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Reports** (Washington, D.C. : 1974), v.100, n.2, p.126-131, 1985.

CASTRO-PIÑERO, J.; GONZÁLEZ-MONTESINOS, J. L.; MORA, J.; KEATING, X. D.; GIRELA-REJÓN, M. J.; SJÖSTRÖM, M.; RUIZ, J. R. Percentile values for muscular strength field tests in children aged 6 to 17 years: influence of weight status. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.23, n.8, p.2295-2310, 2009.

CHRISTODOULOU, C.; COOPER, C. What is osteoporosis? **Postgraduate Medical Journal**. v.79, n.929, p.133-138, 2003.

DAL PUPO J.; DETANICO, D.; SANTOS, S. G. Parâmetros cinéticos determinantes do desempenho nos saltos verticais. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. v.14, n.1, p.41-51, 2012.

EARP, J. E.; KRAEMER, W. J.; NEWTON, R. U.; COMSTOCK, B. A.; FRAGALA, M. S.; DUNN-LEWIS, C.; SOLOMON-HILL, G.; PENWELL, Z. R.; POWELL, M. D.; VOLEK, J. S.; DENEGAR, C. R.; HÄKKINEN, K.; MARESH, C. M. Lower-body muscle structure and its role in jump performance during squat, countermovement, and depth drop jumps. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.24, n.3, p.722-729, 2010.

FERREIRA, J. C.; CARVALHO, R. G. S.; SZMUCHROWSKI, L. A. Validade e confiabilidade de um tapete de contato para mensuração da altura do salto vertical. **Revista Brasileira de Biomecânica**. v.9, n.17, p.93-99, 2008.

FISCHER, J. E.; BACHMANN, L. M.; JAESCHKE, R. A readers' guide to the interpretation of diagnostic test properties: clinical example of sepsis. **Intensive Care Medicine**. v.29, n.7, p.1043-1051, 2003.

GALLAHUE, D. L.; OZMUN, J. C. **Entendendo o desenvolvimento motor**: bebês, crianças, adolescentes e adultos. Boston: McGraw-Hill, 2002.

GARCÍA-LÓPEZ, J.; MORANTE, J. C.; OGUETA-ALDAY, A.; RODRÍGUEZ-MARROYO, J. A. The type of mat (contact vs. photocell) affects vertical jump height estimated from flight time. **The Journal of Strength and Conditioning Research**. v.27, n.4, p.1162-1167, 2013.

GLATTHORN, J. F.; GOUGE, S.; NUSSBAUMER, S.; STAUFFACHER, S.; IMPELLIZZERI, F. M.; MAFFIULETTI, N. A. Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. **The Journal of Strength and Conditioning Research**. v.25, n.2, p.556-560, 2011.

GUEDES, D. P.; GUEDES, J. E. R. P. **Manual prático para avaliação em Educação Física**. São Paulo: Manole, 2006.

HASSON, C. J.; DUGAN, E. L.; DOYLE, T. L.; HUMPHRIES, B.; NEWTON, R. U. Neuromechanical strategies employed to increase jump height during the initiation of the squat jump. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 14, n. 4, p. 515-521, 2004.

HENRIQUES-NETO, D.; MAGALHÃES, J. P.; HETHERINGTON-RAUTH, M.; SANTOS, D. A.; BAPTISTA, F.; SARDINHA, L. B. Physical fitness and bone health in young athletes and nonathletes. **Sports Health**. v.12, n.5, p.441-448, 2020.

IOF. International Osteoporosis Foundation. **About osteoporosis: epidemiology**. Disponível em: https://www.osteoporosis.foundation/health-professionals/about-osteoporosis. Acesso em 02 de fevereiro de 2023.

JANZ, K. F.; BAPTISTA, F.; REN, S.; ZHU, W.; LAURSON, K. R.; MAHAR, M. T.; PAVLOVIC, A.; WELK, G. J. Associations among musculoskeletal fitness assessments and health outcomes: The Lisbon study for the development and evaluation of musculoskeletal fitness standards in youth. **Measurement in Physical Education and Exercise Science**. v.26, n.4, p.297-305, 2022a.

JANZ, K. F.; LAURSON, K. R.; BAPTISTA, F.; MAHAR, M. T.; WELK, G. J. Vertical Jump Power Is Associated with Healthy Bone Outcomes in Youth: ROC Analyses and Diagnostic Performance. **Measurement in Physical Education and Exercise Science**. v.26, n.4, p.315-323, 2022b.

JANZ, K. F.; LETUCHY, E. M.; BURNS, T. L.; FRANCIS, S. L.; LEVY. S. M. Muscle power predicts adolescent bone strength: iowa bone development study. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.47, n.10, p.2201-2206, 2015.

JIDOVTSEFF, B.; QUIEVRE, J.; HARRIS, N. K.; CRONIN, J. B. Influence of jumping strategy on kinetic and kinematic variables. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 54, n.2, p.129-138, 2014.

KANIS, J. A. Diagnosis and Clinical Aspects of Osteoporosis. In.: Ferrari, S. L.; ROUX, C. **Pocket Reference to Osteoporosis**. Switzerland: Springer Nature, 2019.

KHAWAJA, A.; SABBAGH, P.; PRIOUX, J.; ZUNQUIN, G.; BAQUET, G.; MAALOUF, G.; EL HAGE, R. Does Muscular Power Predict Bone Mineral Density in Young Adults? **Journal of Clinical Densitometry**. v.22, n.3, p.311-320, 2019.

KING, M. M. **The vertical jump test as a health promotion screening tool for predicting bone strength in young adults**. Master of Science in Health & Human Physiology (Thesis). University of Iowa, Iowa City, 2016.

KLAVORA, P. Vertical-jump tests: a critical review. **Strength and Conditioning Journal**. v.22, n.5, p.70-75, 2000.

KOSHY, F. S.; GEORGE, K.; POUDEL, P.; CHALASANI, R.; GOONATHILAKE, M. R.; WAQAR, S.; GEORGE, S.; JEAN-BAPTISTE, W.; YUSUF ALI, A.; INYANG, B.; MOHAMMED, L. Exercise prescription and the minimum dose for bone remodeling needed to prevent osteoporosis in postmenopausal women: a systematic review. **Cureus**. v.14, n.6, e25993, 2022.

LARKIN, P.; SORTINO, B.; CARLON, T.; SAUNDERS, T.; PANE, C. Gender- and sport-specific normative anthropometric and physical values in talent-identified high school athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.37, n.3, p.606-615, 2023.

LAURSON, K. R.; BAPTISTA, F.; MAHAR, M. T.; WELK, G. J.; JANZ, K. F. Long jump, vertical jump, and vertical jump power reference curves for 10-18 year olds. **Measurement in Physical Education and Exercise Science**. v.26, n.4, p.306-314, 2022.

LIMA, T. R.; MARTINS, P. C.; ALVES JÚNIOR, C. A. S.; MORAES, M. S.; ZANLORENCI, S.; BORGES, L. L.; CASTRO, J. A. C.; SILVA, D. A. S. Report Card Brazil: systematic review of muscle strength assessment in children and adolescents in Brazil. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. v.23, e.80292, 2021.

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

MARKOVIC, G.; JARIC, S. Is vertical jump height a body size-independent measure of muscle power? **Journal of Sports Sciences**. v.25, n.12, p.1355-1363, 2007.

MENZEL, H. J.; CHAGAS, M. H.; SZMUCHROWSKI, L. A.; ARAUJO, S. R.; DE ANDRADE, A. G.; DE JESUS-MORALEIDA, F. R. 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.1370-1377, 2013.

MUEHLBAUER, T.; PABST, J.; GRANACHER, U.; BÜSCH, D. Validity of the Jump-and-Reach Test in Subelite Adolescent Handball Players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**. v.31, n.5, p.1282-1289, 2017.

NHI. **Osteoporosis and related bone diseases**. National Resource Center. Disponível em: https://www.bones.nih.gov/health-info/bone/bone-health/bone-mass-measure. Acesso em 24 de fevereiro de 2023.

O'MALLEY, E.; RICHTER, C.; KING, E.; STRIKE, S.; MORAN, K.; FRANKLYN-MILLER, A.; MORAN, R. Countermovement jump and isokinetic dynamometry as measures of

rehabilitation status after anterior cruciate ligament reconstruction. **Journal of Athletic Training**. v.53, n.7, p.687-695, 2018.

ORTEGA, F. B.; ARTERO, E. G.; RUIZ, J. R.; ESPAÑA-ROMERO, V.; JIMÉNEZ-PAVÓN, D.; VICENTE-RODRIGUEZ, G.; MORENO, L. A.; MANIOS, Y.; BÉGHIN, L.; OTTEVAERE, C.; CIARAPICA, D.; SARRI, K.; DIETRICH, S.; BLAIR, S. N.; KERSTING, M.; MOLNAR, D.; GONZÁLEZ-GROSS, M.; GUTIÉRREZ, A.; SJÖSTRÖM, M.; CASTILLO, M. J.; … HELENA STUDY. Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. **British Journal of Sports Medicine**. v.45, n.1, p.20-29, 2011.

OSTOJIĆ, S. M.; STOJANOVIĆ, M.; AHMETOVIĆ, Z. Vertical jump as a tool in assessment of muscular power and anaerobic performance. **Medicinski Pregled**. v.63, n.5-6, p.371-375, 2010.

PATE, R.; ORIA, M.; PILLSBURY, L. (Ed.). Committee on Fitness Measures and Health Outcomes in Youth; Food and Nutrition Board; Institute of Medicine. **Fitness measures and health outcomes in youth**. Washington (DC): National Academies Press; 2012.

PEREZ, C. R.; SANTOS, A. P. M.; GONÇALVES, P. S.; CAYRES-SANTOS, S. U.; HERNANDEZ, S. S. S. **Medidas e Avaliação em Educação Física**. Porto Alegre: SAGAH, 2020.

PEREIRA, S. E. M.; PUTS, M. T. E.; PORTELA, M. C.; SAYEG, M. A. The Impact of Prefracture and Hip Fracture Characteristics on Mortality in Older Persons in Brazil. **Clinical Orthopaedics and Related Research**. v.468, p.1869–1883, 2010.

RAUCH, J.; LEIDERSDORF, E.; REEVES, T.; BORKAN, L.; ELLIOTT, M.; UGRINOWITSCH, C. Different movement strategies in the countermovement jump amongst a large cohort of NBA players. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. v.17, n.17, p.6394, 2020.

REEVE, T. C.; TYLER, C. J. The validity of the SmartJump contact mat. **The Journal of Strength and Conditioning Research**. v.27, n.6, p.1597-1601, 2013.

ROGERS, S. A.; HASSMÉN, P.; HUNTER, A.; ALCOCK, A.; CREWE, S. T.; STRAUTS, J. A.; GILLEARD, W. L.; WEISSENSTEINER, J. R. The validity and reliability of the myjump2 application to assess vertical jumps in trained junior athletes. **Measurement in Physical Education and Exercise Science**. v.23, n.1, p.69-77, 2019.

SALLES, P. G. C. M.; VASCONCELLOS, F. V. A.; SALLES, G. F. C. M.; FONSECA, R. T.; DANTAS, E. H. M. Validity and reproducibility of the sargent jump test in the assessment of explosive strength in soccer players. **Journal of Human Kinetics**. v.33, p.115-121, 2012.

SANTOS, C. A. F.; AMIRATO, G. R.; JACINTO, A. F.; PEDROSA, A. V.; CALDO-SILVA, A.; SAMPAIO, A. R.; PIMENTA, N.; SANTOS, J. M. B.; POCHINI, A.; BACHI, A. L. L. Vertical jump tests: a safe instrument to improve the accuracy of the functional capacity assessment in robust older women. **Healthcare (Basel, Switzerland)**. v.10, n.2, p.323, 2022.

SHARP, A. P.; CRONIN, J. B.; NEVILLE, J. Using smartphones for jump diagnostics: a brief review of the validity and reliability of the my jump app. **Strength & Conditioning Journal.** v.41, n.5, p.96-107, 2019.

SILVA, R.; RICO-GONZÁLEZ, M.; LIMA, R.; AKYILDIZ, Z.; PINO-ORTEGA, J.; CLEMENTE, F. M. Validity and Reliability of Mobile Applications for Assessing Strength, Power, Velocity, and Change-of-Direction: A Systematic Review. **Sensors** (Basel, Switzerland). v.21, n.8, p.2623, 2021.

STOLNICKI, B.; TEIXEIRA, B. C. The Impact of Hip Fractures in the Public Health System in Brazil (SUS) 2008 - 2017: The Orthopedist Task. **Revista Brasileira de Ortopedia**. v.57, n.4, p.552-559, 2022.

TOMKINSON, G. R.; CARVER, K. D.; ATKINSON, F.; DANIELL, N. D.; LEWIS, L. K.; FITZGERALD, J. S.; LANG, J. J.; ORTEGA, F. B. European normative values for physical fitness in children and adolescents aged 9-17 years: results from 2 779 165 Eurofit performances representing 30 countries. **British Journal of Sports Medicine**. v.52, n.22, p.1445-14563, 2018.

TOMKINSON, G. R.; LANG, J. J.; TREMBLAY, M. S.; DALE, M.; LEBLANC, A. G.; BELANGER, K.; ORTEGA, F. B.; LÉGER, L. International normative 20 m shuttle run values from 1 142 026 children and youth representing 50 countries. **British Journal of Sports Medicine**. v.51, n.21, p.1545-1554, 2017.

TURAN, M.; ULUPINAR, S.; ÖZBAY, S.; GENÇOĞLU, C.; SAVAŞ, B. Ç.; İNCE, I. Validity and reliability of "My Jump app" to assess vertical jump performance: a meta-analytic review. **Research Square**. v.28, p.1-16, 2022.

VANEZIS, A.; LEES, A. A biomechanical analysis of good and poor performers of the vertical jump. **Ergonomics**. v.48, n.11-14, p.1594-1603, 2005.

VIEIRA, A.; BLAZEVICH, A. J.; COSTA, A. S. D. A.; TUFANO, J. J.; BOTTARO, M. Validity and Test-retest Reliability of the Jumpo App for Jump Performance Measurement. **International Journal of Exercise Science**. v.14, n.7, p.677-686, 2021.

VLACHOPOULOS, D.; UBAGO-GUISADO, E.; BARKER, A. R.; METCALF, B. S.; FATOUROS, I. G.; AVLONITI, A.; KNAPP, K. M.; MORENO, L. A.; WILLIAMS, C. A.; GRACIA-MARCO, L. Determinants of bone outcomes in adolescent athletes at baseline: the PRO-BONE study. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.49, n.7, p.1389-1396, 2017.

VRBIK, I.; SPORIŠ, G.; ŠTEFAN, L.; MADIĆ, D.; TRAJKOVIĆ, N.; VALANTINE, I.; MILANOVIĆ, Z. The Influence of familiarization on physical fitness test results in primary school-aged children. **Pediatric Exercise Science**. v.29, n.2, p.278-284, 2017.

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

WELK, G. J.; LAURSON, K. R.; EISENMANN, J. C.; CURETON, K. J. Development of youth aerobic-capacity standards using receiver operating characteristic curves. **American Journal of Preventive Medicine**. v.41, Suppl.2, S111-S116, 2011.

WHITMER, T. D.; FRY, A. C.; FORSYTHE, C. M.; ANDRE, M. J.; LANE, M. T.; HUDY, A.; HONNOLD, D. E. Accuracy of a Vertical Jump Contact Mat for Determining Jump Height and Flight Time. **The Journal of Strength and Conditioning Research**. v.29, n.4, p.877-881, 2015.

YINGLING, V. R.; REICHERT, R.; DENYS, A.; FRANSON, P.; ESPARTERO, K.; ALVAREZ, M.; HUYNH, K.; VIDES, K. S.; MAZZARINI, A. Peak power from maximal vertical jump height determines radial bone strength better than hand grip strength in healthy individuals. **Communications in Kinesiology**. v.1, n.2, p.1-19, 2021.

YINGLING, V. R.; WEBB, S. L.; INOUYE, C.; OH, J.; SHERWOODJENNIFER J. A força muscular prediz a força óssea em atletas da divisão II. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.34, n.6, p.1657-1665, 2020.

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, n.4, p.556-567, 2010.

ARTIGO CIENTÍFICO

Validade e confiabilidade de aplicativos de smartphone para análise do salto vertical: uma revisão sistemática

Introdução: Plataformas de força são o instrumento padrão ouro para análise do salto vertical, porém, devido ao seu alto custo, tona-se fundamental verificar instrumentos alternativos com validade e confiabilidade aceitáveis, como é o caso de aplicativos móveis (apps) de smartphone.
Objetivo: Verificar a validade e confiabilidade de apps para medir desfechos derivados do *counter movement jump* (CMJ), *squat jump* (SJ) e *drop jump* (DJ).
Métodos: Uma busca sistematizada na literatura foi realizada em 18 de junho de 2022 nas bases de dados PubMed, Embase, CENTRAL, CINAHL e SportDiscus para recuperar estudos que avaliaram a validade e/ou a confiabilidade de apps de smartphone para análise do salto vertical. A qualidade metodológica foi avaliada pela ferramenta COSMIN e a certeza da evidência pelo sistema GRADE modificado.
Resultados: Inicialmente 2.073 relatórios foram encontrados. Após processo de triagem, 16 estudos atenderam os critérios de inclusão. Os apps My Jump, Jumpo e What'sMyVert ofereceram validade e confiabilidade adequadas para mensurar a altura do salto no CMJ, SJ e DJ, e o tempo de vôo no CMJ e SJ, com moderada a alta certeza da evidência, enquanto o pico de potência no CMJ, tempo de vôo, potência média, RSI e RSR no DJ apresentaram muito baixa a baixa certeza de evidência.
Conclusão: Avaliação do CMJ, SJ e DP por apps devem considerar apenas as medidas de altura do salto e tempo de vôo (exceção para o DJ). Outros desfechos necessitam serem melhor investigados.
Palavras-chave: Aptidão física; Potência muscular; Propriedade de medida.

INTRODUÇÃO

O teste de salto vertical é comumente utilizado por profissionais do exercício físico para avaliação da aptidão física em diferentes populações, desde atletas de elite [1,2] até pessoas sedentárias de diferentes faixas etárias, como crianças [3] e idosos [4]. O interesse no salto vertical se deve ao fato do resultado do teste ser um indicador de força [5] e potência [6] muscular dos membros inferiores, podendo ser utilizado ainda, para o acompanhamento e monitoramento do desempenho em atividades esportivas [7] ou de pessoas em processo de reabilitação [8], como medida de prontidão e fadiga neuromuscular [9], para avaliar assimetria de forças de membros inferiores [10], como indicativo de baixa densidade mineral óssea [11], entre outros desfechos.

Existem três principais maneiras de execução do teste de salto vertical: *counter movement jump* (CMJ), *squat jump* (SJ) e *drop jump* (DJ) [12]. Independente da forma de aplicação, caracteriza-se como uma habilidade relativamente simples, principalmente para pessoas treinadas ou atletas, dispensando em alguns casos sessões de familiarização com o teste [13]. Contudo, para algumas populações, como crianças [14] e pessoas idosas [15], devido a coordenação motora exigida no movimento, o processo de familiarização é necessário.

O instrumento padrão ouro para avaliação do salto vertical é a plataforma de força, que tipicamente estima a altura do salto pelo tempo de vôo e fornece outros parâmetros com base na força de reação do solo captadas pelos sensores do equipamento. Contudo, devido ao seu alto custo, este sistema fica restrito a clubes de elite, laboratórios de grandes universidades e centros de pesquisa. Outros instrumentos, incluem, por exemplo, o tapete de contato e células fotoelétricas, que apesar de possuírem custo menor do que uma plataforma de força, ainda apresentam valor elevado para uso rotineiro, sendo fundamental a validação de instrumentos de menor custo, que possam medir com confiabilidade as medidas derivadas do salto vertical [16].

Testes tradicionais são realizados principalmente pelo método saltar-e-alcançar, como é o caso do Sargent Jump [17] e do equipamento Vertec [18]. A limitação é que sofrem influência do comprimento dos membros superiores e da flexibilidade do ombro, o que pode comprometer em alguns casos, a validade destes testes frente a um equipamento de referência [19]. Mais recentemente, aplicativos de smartphones (apps) foram desenvolvidos para análise do salto vertical [20]. De maneira geral, o salto é filmado com a câmera do smartphone e manualmente, o avaliador seleciona o frame exato de decolagem e aterrisagem do salto. O app calcula os parâmetros pelo tempo de vôo [21]. A vantagem dos apps é que são portáteis, fáceis de usar, acessíveis financeiramente e o salto pode ser realizado basicamente em qualquer superfície plana [22].

Como limitação, nos apps, a análise do salto vertical não ocorre de forma automática, necessitando de um avaliador para indicar manualmente o momento da decolagem e da aterrisagem, o que aumenta o risco de imprecisão. Neste sentido, vários estudos têm buscado verificar a validade e a confiabilidade dos apps para análise do salto vertical, com três revisões publicadas até o momento [20,22,23]. De maneira geral, foi demonstrado que o aplicativo denominado My Jump possui validade frente a equipamentos de referência e alta confiabilidade intra e inter-avaliador.

No entanto, as revisões feitas até o momento apresentam algumas limitações. Uma delas, é que exploraram apenas o app My Jump. Apesar de ser o mais utilizado, existem outros apps disponíveis no mercado que necessitam serem revisados criticamente. Além disso, as revisões não exploraram as principais bases de dados recomendadas [24], o que pode eventualmente ter feito com que estudos relevantes não fossem encontrados. Por fim, a certeza da evidência não foi explorada pelos estudos, fator importante para determinar a força de recomendação do uso de apps para análise de variáveis derivadas do salto vertical. Com isso, o objetivo do presente estudo, foi realizar uma revisão abrangente da literatura, visando identificar a validade e a confiabilidade de apps para análise do salto vertical e determinar a certeza da evidência em torno de cada desfecho disponível.

MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como revisão sistemática conduzida de acordo com as diretrizes PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses) [25]. Por se tratar de um estudo que se propõe avaliar um instrumento de medida, mas não um desfecho de saúde de forma direta, um protocolo em PROSPERO não é adequado e por isso não foi realizado (crd.york.ac.uk/prospero/#guidancenotes).

Critérios de inclusão

Foram incluídos: a) estudos que avaliaram o salto vertical por intermédio de um app de smartphone; b) estudos que relacionaram as medidas de salto vertical do app com um equipamento de laboratório utilizado como critério de referência e/ou observaram a confiabilidade do app (intra ou inter-avaliador) e erros de medição. Foram excluídos: estudos que incluíam pessoas com lesões musculoesqueléticas ou em processo de reabilitação; b) estudos de revisão sistemática e metanálise; c) resumos publicados em conferências ou congressos.

Bases de Dados e Estratégia de Busca

A busca foi realizada nas seguintes bases de dados: PubMed, Embase, CENTRAL, CINAHL e SportDiscus. Não foram utilizados filtros que limitasse a data das publicações ou idioma. A lista de referências bibliográficas dos estudos incluídos e de revisões sistemáticas já publicadas sobre a temática também foram checadas, na tentativa de localizar trabalhos que poderiam não ter sido capturados nas bases de dados. A última busca ocorreu no dia 10 de maio de 2023.

A estratégia de busca foi composta pelos seguintes termos: ("vertical jump" OR "jump" OR "countermovement jump" OR "drop jump" OR "reactive force" OR "countermovement jump free arms" OR "squat jump" OR "muscle power" OR "power" OR "physical fitness" OR "physical aptitude" OR "plyometric" OR "plyometrics") AND ("smartphone" OR "my jump" OR "app" OR "smartphone app" OR "jumpo" OR "mobile app" OR "cell phone" OR "cellular telephone" OR "app store" OR "smart-phone" OR "my jump 2" OR "projump" OR "play store" OR "vertvision" OR "phone aplication" OR "portable devices") AND ("validity" OR "reliability" OR "psychometric property" OR "measurement property" OR "psychometric tests" OR "psychometric" OR "test-retest" OR "measurement" OR "measurement error" OR "relationship" OR "agreement" OR "meta-analytical" OR "clinimetric properties" OR "clinimetric" OR "correlation" OR "comparison").

Seleção dos estudos

Um revisor realizou a estratégia inicial de pesquisa nas bases de dados, extraindo os títulos e resumos. Posteriormente, este mesmo revisor realizou a extração de duplicatas. Na sequência, dois revisores fizeram de forma cega a leitura de títulos e resumos, excluindo os trabalhos que não atendiam aos critérios de inclusão. Os estudos que passaram por esta fase foram lidos na íntegra pelos mesmos revisores, de forma cega, para definição dos trabalhos que efetivamente deveriam compor o estudo de revisão sistemática, conforme os critérios de inclusão/exclusão previamente definidos. As divergências quando não resolvidas entre os dois pesquisadores foram transmitidas a um terceiro, que decidiu quanto à questão.

Extração dos dados

Os dados extraídos de cada estudo elegível foram: a) nome do primeiro autor e ano da publicação; b) número de voluntários, média e desvio padrão da idade dos participantes e país onde o estudo foi realizado; c) protocolo de aplicação do salto vertical d) equipamento de referência e aplicativo utilizado para avaliação do salto vertical; e) variáveis consideradas para

análise da validade e/ou da confiabilidade; f) resultados de validade e/ou confiabilidade reportados na publicação. O mesmo formulário para extração dos dados foi utilizado por dois revisores de forma cega. Possíveis divergências foram resolvidas posteriormente por um terceiro revisor.

Avaliação da qualidade metodológica

A qualidade metodológica dos estudos incluídos na revisão foi avaliada utilizando a ferramenta COSMIN [26,27,28]. Cada estudo foi criticamente avaliado para critérios de boas propriedades de medição. Cada critério recebeu uma classificação, como: suficiente (+), indeterminado (?), ou insuficiente (-). Na sequência, cada estudo recebeu uma classificação geral [28]. Dois revisores independentes realizaram a classificação da qualidade metodológica de forma cega e um terceiro revisor foi solicitado em caso de divergência.

Síntese e análise dos dados

Os resultados de todos os estudos disponíveis sobre uma propriedade de medição foram agrupados, para determinar, se, no geral, a propriedade de medição foi suficiente (+), insuficiente (-), inconsistente (±), ou indeterminado (?). Quando uma inconsistência foi observada, análises de subgrupo foram realizadas visando buscar uma explicação. Quando uma explicação foi encontrada, os resultados foram apresentados para os subgrupos como consistentes. Do contrário, quando não houve explicação, os resultados foram considerados inconsistentes. Quando não houve informações suficientes disponíveis, a classificação geral foi indeterminada (?) [27].

Para determinar a certeza da evidência, abordagem GRADE modificada foi conduzida por dois revisores independentes e as divergências resolvidas por consenso. GRADE possibilita determinar o quão confiante é possível estar de que a evidência resumida é confiável. A evidência resumida foi classificada como alta, moderada, baixa ou muito baixa, com base nos quatro critérios a seguir: 1. Risco de viés (qualidade dos estudos); 2. Inconsistência (dos resultados dos estudos); 3. Imprecisão (tamanho total da amostra dos estudos); e 4. Evidência indireta (evidências de populações diferentes da população de interesse) [27].

RESULTADOS

Síntese qualitativa (revisão sistemática)

Inicialmente, a estratégia de busca identificou 2.073 relatórios, que após a remoção de 510 duplicatas, restaram 1.563 títulos e resumos para leitura. Após a segunda etapa de triagem,

baseada na leitura de títulos e resumos, foram excluídos 1.541 relatórios, na sua maioria por não avaliarem o salto vertical ou por não ser um estudo de propriedade psicométrica que avaliou a validade ou a confiabilidade de apps. Na terceira etapa de triagem, realizamos a busca de 22 relatórios, contudo, dois não foram recuperados. Desta forma, 20 relatórios foram recuperados e lidos na íntegra, dos quais quatro não atenderão aos critérios de elegibilidade (a tabela suplementar 1 apresenta os dois relatórios não recuperados e os quatro relatórios excluídos na fase de leitura do texto completo). Sendo assim, 16 estudos atenderam todos os critérios e foram incluídos na revisão [29-44]. A figura 1 apresenta o processo de identificação e triagem.

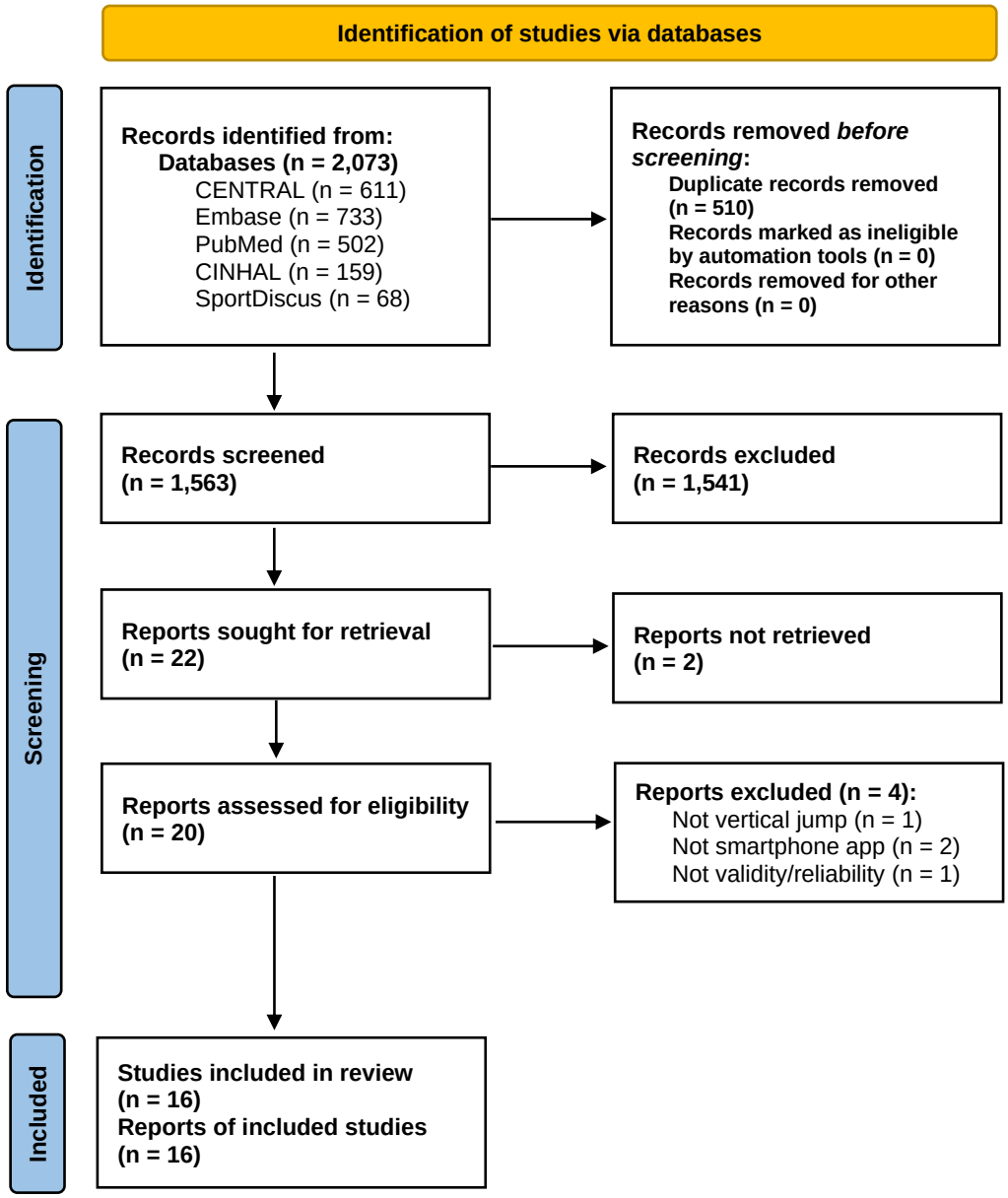


Figura 1. Fluxograma PRISMA.

A Tabela 1 apresenta a síntese dos 16 estudos incluídos na revisão sistemática. Os estudos foram publicados entre os anos de 2021 [29] e 2015 [44], com o número de participantes variando entre 10 [29] e 61 [42]. A maior parte (14 estudos) avaliaram adultos jovens [29-31,33,34,36,37,39-44], enquanto dois foram realizados com adolescentes [32,35] e um com pessoas idosas [38]. Os estudos, de maneira geral, recrutaram pessoas recreacionalmente ativas, com a exceção de seis estudos [30,33,35,36,42,43], que foram realizadas atletas. A maior parte dos estudos incluíram participantes de ambos os sexos, embora seis tenham recrutado apenas homens [29,30,34,36,40,44]. Como instrumento de critério, a plataforma de força foi a mais utilizada, em 12 estudos [29-31,34,35,37,39-44]. O tapete de contato foi utilizado em três estudos [33,36,38], células fotoelétricas em um estudo [32] e um sistema de captura de movimentos foi associado a plataforma de força em outro estudo [40].

O app para dispositivo móvel mais utilizado foi o My Jump 2 [30-32,34-37] e sua versão anterior My Jump [38-44], totalizando 14 estudos. O app Jumpo foi testado em dois estudos [29,33], enquanto o app What'sMyVert foi testado em um estudo [31]. O salto mais utilizado foi o countermovement jump, em 14 estudos [29,31-33,35-44]. Drop jump foi testado em em sete estudos [30,31,33-35,41,43] e o squat jump [29,31-33,36,43] em seis. Diferentes variáveis foram testadas, sendo a altura do salto a mais comum, em 15 estudos [30-44]. Outras variáveis testadas foram: tempo de vôo [29,30,36,40,42], tempo de contato [30,34], assimetria intermembros [30], índice de força reativa (RSI) [31,34,35], potência média [34], taxa de força reativa (RSR) [35], tempo no ar [39], velocidade na decolagem [39] e pico de velocidade [40]. Em relação aos resultados observados, os dois estudos [29,33] que avaliaram o app Jumpo identificaram que os aplicativos oferecem excelente correlação ($\geq 0,90$) com os instrumentos de critério, sem diferenças significativas ($p > 0,05$) para o tempo de vôo [29] e altura do salto [32], sendo considerado válido para estas variáveis, mas não para avaliar o tempo de contato no drop jump [33]. Para confiabilidade teste-reteste intra-avaliador os valores de correlação variaram de bom (CCI $\geq 0,76$) [33] a excelente (CCI = 0,99) [29], assim como, para confiabilidade inter-avaliador (CCI = 0,85-0,94) [33]. O único estudo que avaliou o app What'sMyVert encontrou valores excelentes para validade concorrente e para confiabilidade teste-reteste intra-avaliador, com valores de CCI $\geq 0,90$, com baixo erro de medida CV $\leq 10\%$ [31].

Estudos que avaliaram o app My Jump 2, independente da variável considerada, sempre observaram valores de correlação variando de boa ($\geq 0,75$ e $< 0,9$) a excelente ($\geq 0,90$) para validade concorrente frente aos equipamentos de critério [30-32,34-36], a exceção de um estudo [34], no qual os valores de correlação foram moderados (CCI $\geq 0,5$ e $< 0,75$), mas apenas para

variável potência média. Quando avaliado, em nenhum caso, o viés sistemático foi significativo entre os instrumentos [30,32,35-37]. Para confiabilidade teste-reteste intra-avaliador, as correlações foram sempre excelentes (CCI = 0,95-0,99) [30,31,35-37], a exceção de um estudo que encontrou variação de boa a excelente (CCI = 088-0,98) confiabilidade [32]. Para confiabilidade inter-avaliadores as relações foram sempre excelentes (≥ 0,90) [30,35-37].

Por fim, para os estudos publicados entre 2015-2018 a versão inicial do aplicativo My Jump era utilizada. Neste caso, os estudos identificaram valores excelentes de correlação (≥ 0,96) frente aos equipamentos de critério [38,39,41-44], a exceção de um estudo, que encontrou correlação variando de ruim a moderada (r = 0,10-0,37) [40]. Contudo, a maior parte dos estudos detectou algum viés sistemático, devido a diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os dados do app e do equipamento de referência [38,39,41,44]. Para confiabilidade teste-reteste intra-avalidor os valores de correlação variaram de bom a excelente (CCI = 0,74-0,99) [40,41,43] e para confiabilidade inter-avaliador os valores de correlação foram sempre excelentes (CCI = 0,97-0,99) [42,44].

Tabela 1. Síntese dos estudos incluídos na revisão sistemática.

Estudo	Participantes	Instrumento de referência e aplicativo utilizados	Tipo de salto vertical e variáveis analisadas	Principais resultados
Viera et al. (2021) [29]	10 ♂ ativos; 20 ± 3 anos	Ref.: plataforma de força App: Jumpo (Samsung Galaxy S7 [Android])	CMJ, SL, SLR e SLL: tempo de vôo (ms)	V: r = 0,93-0,96; Viés = 3-6% (p > 0,05); d = 0,16, 0,20 C[1]: CCI = 0,94-0,99; CV = 1,2-3,7% (p > 0,05); d = -0,16, 0,25
Barbalho et al. (2021) [30]	11 ♂ atletas; 18 ± 1 anos	Ref.: plataforma de força App: My Jump 2 (iPhone 6s [iOS])	DJ: altura do salto (cm), tempo de vôo (ms), tempo de contato (ms), assimetria intermembros	V: CCI = 0,94-1,00; viés (p > 0,05) C[1]: CCI = 0,99-1,00 C[2]: CCI = 0,98-1,00
Montalvo et al. (2021) [31]	30 (17 ♂; 13 ♀) treinados; 23 ± 2 anos	Ref.: plataforma de força App: My Jump 2 e What'sMyVert (iPhone X [iOS])	CMJ, SJ e DJ: altura do salto (cm); DJ: RSI [apenas no My Jump 2]	My Jump 2 V: CCI = 0,98-0,99; CV = 1,6-2,9% C[3]: CCI = 0,97-0,99; CV = 4,8-12,5% What'sMyVert V: CCI = 0,99-0,99; CV = 1,7-2,7% C[3]: CCI = 0,98-0,99; CV = 5,3-6,6%
Bogataj et al. (2020) [32]	48 (26 ♂; 22 ♀) escolares; 12 ± 1 anos	Ref.: OptoJump (células fotoelétricas) App: My Jump 2 (iPhone X [iOS])	CMJ e SJ: altura do salto (cm)	V: r = 0,97-0,99; viés = -0,3, 0,1cm (p > 0,05); d = -0,08, 0,02 C[1]: CCI = 0,88-0,98; CV = 3,9-8,3%; TEM: 0,8-1,6; d = -0,03, -0,23
Azevedo et al. (2019) [33]	16 (12 ♂; 4 ♀) atletas; 19 ± 5 anos	Ref.: tapete de contato App: Jumpo (Samsung Galaxy Tab A [Android])	CMJ, SJ e DJ: altura do salto (cm); DJ: tempo de contato (ms)	V (altura do salto): CCI = 0,94-0,97; viés (p > 0,05) C[1] (altura do salto): CCI = 0,76-0,96 C[2] (altura do salto): CCI = 0,84-0,94 V (tempo de contato): CCI = 0,17; viés (p = 0,04) C[1] (tempo de contato): CCI = 0,02-0,08 C[2] (tempo de contato): CCI = 0,95
Haynes et al. (2019) [34]	14 ♂ ativos; 29 ± 10 anos	Ref.: plataforma de força App: My Jump 2 (iPhone 6 [iOS])	DJ: altura do salto (cm), tempo de contato (ms), potência média (w), RSI	V (altura do salto, tempo de contato, RSI): CCI = 0,80-0,99; r = 0,81-0,98 V (potência média): CCI = 0,51-0,57; r = 0,57-0,66 C[3]: CV = 6,7-10%; α = 0,98-0,99
Rogers et al. (2019) [35]	11 (7 ♂; 4 ♀) atletas; 15 ± 1 anos	Ref.: plataforma de força App: My Jump 2 (iPad Pro 9.7 [iOS])	CMJ: altura do salto (cm); DJ: RSI; RSR	V (altura do salto, RSI e RSR): CCI ≥ 0,99; viés (p > 0,05) C[1] (altura do salto): CCI ≅ 0,90; CV ≅ 3% C[1] (RSI e RSR): CCI ≅ 0,30-0,50; CV ≅ 12-14% C[2] (altura do salto): p > 0,05 C[2] (RSI e RSR): p < 0,05 C[3] (altura do salto): CV = 4,9%-4,5% C[3] (RSI e RSR): CV = 8,0-11,8%
Coswig et al. (2019) [36]	40 ♂ paratletas; 28 ± 1 anos	Ref.: tapete de contato App: My Jump 2 (iPhone 6s [iOS])	CMJ e SJ: altura do salto (cm), tempo de vôo (ms)	V: ICC = 0,86-0,96; viés (p > 0,05); d = 0,02, 0,17 C[1]: CCI = 0,95-0,99; SEM: 0,04-4,08; MDC: 0-1,3% C[2]: CCI = 0,90-0,95; SEM: 0,36-7,45 MDC: 1,5-3,1%

Brooks et al. (2018) [37]	26 (14 ♂; 12 ♀) ativos; 23 ± 4 anos	Ref.: plataforma de força App: My Jump 2 (iPad Pro [iOS])	CMJ: altura do salto (cm)	V: r = 0,98; CV = 6,7%; viés = -2,98 cm C^1: CCI = 0,97; TEE = 0,18 C^3: CCI = 0,99; TEE: 0,02
Cruvinel-Cabral et al. (2018) [38]	41 (12 ♂; 29 ♀) saudáveis; 73 ± 6 ♂ e 69 ± 9 ♀ anos	Ref.: tapete de contato App: My Jump (iPhone 7 [iOS])	CMJ: altura do salto (cm)	V: r = 0,99; viés ($p < 0,05$) C^3: ICC = 0,95, TEM = 1,2 cm, CV% = 10,1%
Carlos-Vivas et al. (2018) [39]	40 (29 ♂; 11 ♀) ativos; 21 ± 2 anos	Ref.: plataforma de força App: My Jump (iPhone 6 [iOS])	CMJ: altura do salto (cm)	V: CCI = 0,99-1,00; viés = -0,07 cm ($p < 0,05$) C^3: CCI = 0,98; CV = 0,1 cm; $\alpha = 0,98$
Rago et al. (2018) [40]	15 ♂ ativos; 27 ± 5 anos	Ref.: plataforma de força e sistema de captura de movimento App: My Jump (iPhone 6 [iOS])	CMJ: altura do salto (cm), tempo de vôo (s), pico de velocidade (ms), pico de potência (w)	V: r = 0,61-0,67; d = -0,15, 9,65 C^3: CCI = 0,74-0,97; CV = 3-4%; SEM: 0,00-0,49
Stanton et al. (2017) [41]	29 (10 ♂; 19 ♀) ativos; 26 ± 5 anos	Ref.: plataforma de força App: My Jump (iPhone 6s [iOS])	CMJ e DJ: altura do salto (cm)	V: r = 0,99; CCI = 0,99; viés (CMJ $p > 0,05$; DJ $p < 0,05$) C^1: CCI = 0,99
Driller et al (2017) [42]	61 (30 ♂; 31 ♀) atletas; 20 ± 4 anos	Ref.: plataforma de força App: My Jump (iPhone 6s [iOS])	CMJ: altura do salto (cm), tempo de vôo (s)	V: r = 0,96; viés ($p > 0,05$) C^2: CCI = 0,97; CV = 5,8%; TEE: 1,4 cm
Gallardo-Fuentes et al. (2016) [43]	21 (14 ♂; 7 ♀) atletas; 22 ± 4 anos	Ref.: plataforma de contato App: My Jump (iPhone 6 [iOS])	CMJ, SJ e DJ: altura do salto (cm)	V: CCI = 0,97-0,99; r = 0,96-0,99; viés ($p > 0,05$) C^1: r = 0,74-0,95 C^3: CV = 3,8-7,6%; $\alpha = 0,98-0,99$
Balsalobre-Fernández et al. (2015) [44]	20 ♂ ativos; 22 ± 4 anos	Ref.: plataforma de força App: My Jump (iPhone 5s [iOS])	CMJ: altura do salto (cm)	V: CCI = 0,99; r = 0,99; viés ($p < 0,05$) C^2: ICC = 0,99 C^3: CV = 3,4-3,6%; $\alpha = 0,99$

♂: homens; ♀: mulheres; CMJ: countermovement jump; SJ: squat jump; DJ: drop jump; SLR: right single-legged jump; SLL: left single-legged jump; V: validade; C^1: confiabilidade intra-avaliador (entre sessões); C^2: confiabilidade inter-avaliadores (na mesma sessão); C^3: confiabilidade intra-avaliador (na mesma sessão, consistência entre as tentativas); CCI: coeficiente de correlação intraclasse; r: correlação de Pearson; CV: coeficiente de variação; SEM: erro padrão de medição; TEM: erro típico de medição; TEE: erro típico da estimativa; MDC: mudança mínima detectável; α: coeficiente alfa de cronbach; RSI: índice de força reativa; RSR: taxa de força reativa.

Qualidade metodológica dos estudos

A tabela 2 apresenta a avaliação da qualidade metodológica de cada estudo. Dos 16 estudos incluídos na revisão, 11 (68,8%) apresentaram suficiência nos cinco critérios avaliados [29-32,36-39,42-44]. Os demais [33,34,35,40,41] apresentaram limitações ou dúvidas na avaliação da confiabilidade, erro de medição ou validade de critério dos apps. Como as limitações ou dúvidas não excederam à 25% das variáveis em cada estudo (exceção de Rogers et al. [35]), no geral, as propriedades de medição foram consideradas todas suficientes.

Tabela 2. Qualidade metodológica dos estudos incluídos na revisão sistemática.

Estudo	C1	C2	C3	C4	C5
Viera et al. (2021) [29]	+	+	+	+	+
Barbalho et al. (2021) [30]	+	+	+	+	+
Montalvo et al. (2021) [31]	+	+	+	+	+
Bogataj et al. (2020) [32]	+	+	+	+	+
Azevedo et al. (2019) [33]	+§	?	+	+†	+
Haynes et al. (2019) [34]	?	+	+	+‡	+
Rogers et al. (2019) [35]	?	-	+	+	+
Coswig et al. (2019) [36]	+	+	+	+	+
Brooks et al. (2018) [37]	+	+	+	+	+
Cruvinel-Cabral et al. (2018) [38]	+	+	+	+	+
Carlos-Vivas et al. (2018) [39]	+	+	+	+	+
Rago et al. (2018) [40]	+	+	+	-	+
Stanton et al. (2017) [41]	+	?	+	+	+
Driller et al (2017) [42]	+	+	+	+	+
Gallardo-Fuentes et al. (2016) [43]	+	+	+	+	+
Balsalobre-Fernández et al. (2015) [44]	+	+	+	+	+

C1 = confiabilidade; C2 = erro de medição; C3 = validade de constructo; C4 = validade de critério; C5 = capacidade de resposta.
"+" = suficiente; "-" = insuficiente; "?" = indeterminado.
§ Confiabilidade adequada para os desfechos analisados, exceção do tempo de contato no drop jup, que foi insuficiente (-).
† Validade de critério adequada para os desfechos analisados, exceção do tempo de contato no drop jup, que foi insuficiente (-).
‡ Validade de critério adequada para os desfechos analisados, exceção da potência média no drop jump, que foi insuficiente (-).
Observação: os itens referentes a estrutura interna, que dizem respeito exclusivamente a instrumentos de relato pelo paciente (questões reflexivas), foram excluídas dos critérios de pontuação conforme recomendado pela metodologia COSMIN [28].

Certeza da evidência e classificação geral da propriedade de medição

Análise da certeza da evidência é apresentada na tabela 3. Propriedades de medição suficientes, acompanhadas de evidências de certeza muito baixa ou baixa, foram encontradas para as seguintes variáveis: pico de potência no CMJ (w), tempo de contato no DJ (ms), tempo de vôo no DJ (ms), potência média no DJ (w), RSI no DJ e RSR no DJ. Propriedades de medição suficientes, acompanhadas de evidências de certeza moderada foram observadas para altura no CMJ (cm), tempo de vôo no CMJ (ms) e tempo de vôo no SJ (ms), enquanto propriedades de medição suficientes, acompanhadas de evidências de certeza alta foram observadas para altura no SJ (cm) e no DJ.

Tabela 3. Avaliação da certeza da evidência pelo sistema GRADE adaptado [27].

Variável	Avaliação da certeza da evidência					№ de participantes	Correlação (min, máx)‡	Certeza
	№ de estudos	Risco de viés	Inconsistência	Evidência indireta	Imprecisão			
Altura no CMJ (cm)	13	não grave	grave[a]	não grave	não grave	398	0,66, 1,00	⨁⨁⨁◯ Moderada
Tempo de vôo no CMJ (ms)	4	não grave	grave[a]	não grave	não grave	126	0,67, 0,96	⨁⨁⨁◯ Moderada
Pico de potência no CMJ (w)	1	grave[b]	não grave	não grave	muito grave[c]	15	0,46, 0,72†	⨁◯◯◯ Muito baixa
Altura no SJ (cm)	5	não grave	não grave	não grave	não grave	155	0,89, 0,99	⨁⨁⨁⨁ Alta
Tempo de vôo no SJ (ms)	2	não grave	não grave	não grave	grave[d]	50	0,86, 0,93	⨁⨁⨁◯ Moderada
Altura no DJ (cm)	6	não grave	não grave	não grave	não grave	121	0,94, 0,99	⨁⨁⨁⨁ Alta
Tempo de contato no DJ (ms)	3	grave[e]	não grave	não grave	muito grave[c]	41	0,17, 0,96	⨁◯◯◯ Muito baixa
Tempo de vôo no DJ (ms)	1	não grave	não grave	não grave	muito grave[c]	11	0,88, 0,99†	⨁⨁◯◯ Baixa
Potência média no DJ (w)	1	muito grave[f]	não grave	não grave	muito grave[c]	14	0,39, 0,82†	⨁◯◯◯ Muito baixa
RSI no DJ	3	muito grave[e]	grave[g]	não grave	grave[d]	55	0,98, 0,99	⨁◯◯◯ Muito baixa
RSR no DJ	1	muito grave[h]	não grave	não grave	muito grave[c]	11	0,99, 0,99†	⨁◯◯◯ Muito baixa

‡ Referente a medida de validade dos apps (os diferentes dados de confiabilidade e de erros de medição podem ser acessados na tabela 1); † Intervalo de Confiança ($IC_{95\%}$) do estudo único.
Explanações da avaliação da certeza da evidência:
a. O estudo de Rago et al. (2018) apresentou uma inconsistência nas medidas de validade que não foi possível explicar.
b. O estudo não apresentou validade de critério satisfatória.
c. Amostra < 50 participantes.
d. Amostra entre 50-100 participantes.
e. A maior parte dos estudos levantaram dúvidas quanto ao risco de viés.
f. Apenas um estudo que levantou dúvidas quanto ao risco de viés.
g. O estudo de Rogers et al. (2019) apresentou uma inconsistência nas medidas de confiabilidade que não foi possível explicar.
h. Apenas um estudo com alto risco de viés.

DISCUSSÃO

O presente estudo, teve por objetivo resumir as evidências disponíveis até o momento referentes a validade e confiabilidade de aplicativos de smartphones para medir resultados derivados do salto vertical. Nossos achados demonstraram, que, no geral, apps são instrumentos que podem ser utilizados para avaliação do salto vertical, considerando as medidas de altura do salto no CMJ, SJ e DJ, além do tempo de vôo no CMJ e SJ, uma vez que apresentaram qualidades suficientes nas propriedades de medição e possuem uma evidência de certeza moderada a alta. Outros parâmetros, apresentaram muito baixa ou baixa certeza de evidência e precisam ser melhor investigados, como o pico de potência no CMJ e diferentes desfechos derivados do DJ: tempo de contato, tempo de vôo, potência média, RSI e RSR.

Estudos de revisão anteriores focaram em analisar a validade e a confiabilidade apenas do aplicativo My Jump e My Jump 2 para análise de variáveis derivadas do salto vertical [20,22,23]. No estudo de Silva et al [20], publicado em 2021, como o foco foi mais abrangente (agrupar estudos que utilizaram apps para medir a força, potência, velocidade e mudança de direção), o salto vertical não foi explorado e discutido extensamente. Apenas cinco estudos foram incluídos na revisão [34,37,41,43,44] e analisados criticamente. Os autores concluíram sobre a necessidade de mais estudos, considerando que apenas dois tinham sido realizados com a nova versão (My Jump 2). No entanto, indicaram o aplicativo como válido e confiável para medir os diferentes desfechos derivados do salto vertical.

A revisão de Sharp et al. [23] foi publicado em 2019 e contou com seis estudos de propriedade de medição. Os autores fizeram um bom detalhamento do uso do aplicativo My Jump, com foco na versão mais atual, My Jump 2. Detalhes de validade e confiabilidade de cada estudo foram descritos e as limitações apresentadas de forma a direcionar o uso do app na prática. Os autores concluíram que embora o app tenha apresentado valores adequados de validade e confiabilidade, seu uso no DJ deve ser cauteloso, tendo em vista principalmente as inconsistências internas. Esta informação vai de encontro aos resultados observados na revisão atual, que ao agrupar 16 estudos também encontrou inconsistências, principalmente para o DJ.

Por outro lado, a revisão de Turan et al. [22], um *preprint* não revisado por pares, disponível em 2022, reuniu 12 estudos que utilizaram o My Jump. Os autores fizeram um esforço para agrupar quantitativamente o resultado dos estudos em cálculos de metanálise. No entanto, para validade, várias limitações ocorreram: a) medidas de coeficiente de correlação intraclasse foram associadas a coeficientes de momento produto de Pearson; b) CMJ e DJ foram analisados juntos; c) estudo que verificou a concordância do My Jump a um equipamento Vertc, que usa o método de saltar-e-alcançar foi incluído nos cálculos de metanálise de validade do

app. Da mesma forma, ocorreram limitações importantes nas medidas de confiabilidade, ao serem agrupadas, na mesma metanálise, medidas de confiabilidade intra-avaliador (teste-reteste), inter-avaliadores e de consistência interna (intra-sujeitos). Os autores concluíram sobre a alta validade e confiabilidade do app My Jump para avaliação e monitoramento do salto vertical. No entanto, esse resultado genérico indicando o uso do app My Jump sob quaisquer condições de salto, deve ser interpretado com cautela.

A revisão atual agrega importantes informações a literatura ao reunir diferentes aplicativos disponíveis para análise de parâmetros do salto vertical. Tendo em vista a homogeneidade dos dados mensurados pelos aplicativos My Jump, Jumpo e What'sMyVert, análises de subgrupo considerando cada tipo de app não foi necessária. Fizemos simulações da certeza da evidência individualmente em cada app e os dados basicamente não se alteraram. Isso indica, que a princípio, os apps Jumpo e What'sMyVert possuem validade e confiabilidade equiparadas ao My Jump para boa parte das variáveis. Evidentemente, que o pouco número de estudos que utilizaram o Jumpo [31] e What'sMyVert [29,33] configura-se como uma limitação, sendo necessárias mais pesquisas com estes apps.

Uma variável que mostrou muito baixa certeza da evidência e precisa ser melhor investigada é o pico de potência do salto vertical (w) avaliada no CMJ. Este indicador tem sido correlacionado com medidas de critério para saúde em populações jovens. Exemplo é a utilização da potência do salto vertical para identificar adolescentes com maiores chances de estarem com densidade mineral óssea abaixo do que se é esperado para sua faixa etária e sexo [45,46]. Idealmente, a altura de um salto vertical deve ser convertida em valores de potência máxima, que indicam com maior precisão a força explosiva gerada durante o salto vertical. A potência é influenciada por diferentes fatores, como massa corporal, distância de impulso e perfil de força-velocidade, que não são considerados na altura no salto [47].

Os apps configuram-se como uma forma simples de medir o pico de potência durante o salto vertical, uma vez que o resultado é apresentado na tela do celular juntamente com as demais variáveis, incluindo a altura do salto. No entanto, a presente revisão evidenciou que apenas um estudo buscou identificar a validade do pico de potência mensurado por um app, sem que valores adequados de correlação fossem observados entre o My Jump e o equipamento de referência [40]. Neste sentido, por hora, o usuário final dos apps, sejam praticantes ou profissionais do exercício/esporte, deverão considerar apenas a altura do salto vertical em avaliações do CMJ, SJ e DJ, desconsiderando o resultado de potência (w), o que na prática pode não ocorrer. Por intermédio da altura do salto, a potência pode ser estimada por fórmula matemática [47], até que mais estudos sejam realizados.

O presente estudo apresenta algumas limitações que necessitam ser consideradas: 1) a heterogeneidade de informações inviabilizou a realização de cálculos de metanálise, o que ajudaria a estimar com maior precisão as estimativas de efeito em torno de cada tipo de salto e variável de desfecho; 2) apesar de termos considerado as principais bases de dados, conforme recomendado pela Colaboração Cochrane [24], não foi possível cobrir todas as bases disponíveis para busca, o que eventualmente pode ter feito com que algum estudo elegível possa ter ficado de fora da revisão. Pontos fortes também devem ser considerados: 1) realizamos uma análise da certeza da evidência para cada tipo de salto e desfecho considerado; 2) incluímos diferentes tipos de apps que possuem como objetivo avaliar o salto vertical.

CONCLUSÃO

Evidências de certeza moderada a alta, demonstraram que os apps de smartphones My Jump, What'sMyVert e Jumpo são válidos e confiáveis para avaliar a altura do salto no CMJ, SJ e DJ, assim como, o tempo de vôo no CMJ e SJ. No entanto, neste momento, evidências de certeza muito baixa ou baixa, demonstraram que os apps não devem ser utilizados para mensurar o pico de potência no CMJ, além do tempo de contato, tempo de vôo, potência média, RSI e RSR no DJ.

REFERÊNCIAS

1. Sattler T, Sekulic D, Hadzic V, Uljevic O, Dervisevic E. Vertical jumping tests in volleyball: reliability, validity, and playing-position specifics. J Strength Cond Res. 2012;26(6):1532-8. doi: 10.1519/JSC.0b013e318234e838.
2. Ziv G, Lidor R. Vertical jump in female and male basketball players--a review of observational and experimental studies. J Sci Med Sport. 2010;13(3):332-9. doi: 10.1016/j.jsams.2009.02.009.
3. Gomez-Bruton A, Gabel L, Nettlefold L, Macdonald H, Race D, McKay H. Estimation of peak muscle power from a countermovement vertical jump in children and adolescents. J Strength Cond Res. 2019 Feb;33(2):390-8. doi: 10.1519/JSC.0000000000002002.
4. Santos CAF, Amirato GR, Jacinto AF, Pedrosa AV, Caldo-Silva A, Sampaio AR, Pimenta N, Santos JMB, Pochini A, Bachi ALL. Vertical jump tests: a safe instrument to improve the accuracy of the functional capacity assessment in robust older women. Healthcare (Basel). 2022;10(2):323. doi: 10.3390/healthcare10020323.
5. Markovic G, Jaric S. Is vertical jump height a body size-independent measure of muscle power? J Sports Sci. 2007 Oct;25(12):1355-63. doi: 10.1080/02640410601021713.
6. Ostojić SM, Stojanović M, Ahmetović Z. Vertical jump as a tool in assessment of muscular power and anaerobic performance. Med Pregl. 2010;63:371-5. doi: 10.2298/mpns1006371o.
7. García-Pinillos F, Ramírez-Campillo R, Boullosa D, Jiménez-Reyes P, Latorre-Román PÁ. Vertical jumping as a monitoring tool in endurance runners: a brief review. J Hum Kinet. 2021;80:297-308. doi: 10.2478/hukin-2021-0101.

8. Cates W, Cavanaugh J. Advances in rehabilitation and performance testing. Clin Sports Med. 2009;28(1):63-76. doi: 10.1016/j.csm.2008.09.003.
9. Watkins CM, Barillas SR, Wong MA, Archer DC, Dobbs IJ, Lockie RG, Coburn JW, Tran TT, Brown LE. Determination of vertical jump as a measure of neuromuscular readiness and fatigue. J Strength Cond Res. 2017;31(12):3305-10. doi: 10.1519/JSC.0000000000002231.
10. Fort-Vanmeerhaeghe A, Milà-Villarroel R, Pujol-Marzo M, Arboix-Alió J, Bishop C. Higher vertical jumping asymmetries and lower physical performance are indicators of increased injury incidence in youth team-sport athletes. J Strength Cond Res. 2022;36(8):2204-11. doi: 10.1519/JSC.0000000000003828.
11. Janz KF, Laurson KR, Baptista F, Mahar MT, Welk GJ. Vertical jump power is associated with healthy bone outcomes in youth: ROC analyses and diagnostic performance. Meas Phys Educ Exerc Sci. 2022;26(4):315-23. doi: 10.1080/1091367X.2021.2013230.
12. Earp JE, Joseph M, Kraemer WJ, Newton RU, Comstock BA, Fragala MS, Dunn-Lewis C, Solomon-Hill G, Penwell ZR, Powell MD, Volek JS, Denegar CR, Häkkinen K, Maresh CM. Lower-body muscle structure and its role in jump performance during squat, countermovement, and depth drop jumps. J Strength Cond Res. 2010;24(3):722-9. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d32c04.
13. Moir G, Sanders R, Button C, Glaister M. The influence of familiarization on the reliability of force variables measured during unloaded and loaded vertical jumps. J Strength Cond Res. 2005;19(1):140-5. doi: 10.1519/14803.1.
14. Vrbik I, Sporiš G, Štefan L, Madić D, Trajković N, Valantine I, Milanović Z. The influence of familiarization on physical fitness test results in primary school-aged children. Pediatr Exerc Sci. 2017;29(2):278-84. doi: 10.1123/pes.2016-0091.
15. Argaud S, Pairot de Fontenay B, Blache Y, Monteil K. Age-related differences of inter-joint coordination in elderly during squat jumping. PLoS One. 2019;14(9):e0221716. doi: 10.1371/journal.pone.0221716.
16. Buckthorpe M, Morris J, Folland JP. Validity of vertical jump measurement devices. J Sports Sci. 2012;30(1):63-9. doi: 10.1080/02640414.2011.624539.
17. de Salles PG, Vasconcellos FV, de Salles GF, Fonseca RT, Dantas EH. Validity and reproducibility of the sargent jump test in the assessment of explosive strength in soccer players. J Hum Kinet. 2012;33:115-21. doi: 10.2478/v10078-012-0050-4.
18. Muehlbauer T, Pabst J, Granacher U, Büsch D. Validity of the Jump-and-Reach Test in Subelite Adolescent Handball Players. J Strength Cond Res. 2017;31(5):1282-9. doi: 10.1519/JSC.0000000000001607.
19. Menzel HJ, Chagas MH, Szmuchrowski LA, Araujo SR, Campos CE, Giannetti MR. Usefulness of the jump-and-reach test in assessment of vertical jump performance. Percept Mot Skills. 2010;110(1):150-8. doi: 10.2466/PMS.110.1.150-158.
20. Silva R, Rico-González M, Lima R, Akyildiz Z, Pino-Ortega J, Clemente FM. Validity and reliability of mobile applications for assessing strength, power, velocity, and change-of-direction: a systematic review. Sensors (Basel). 2021;21(8):2623. doi: 10.3390/s21082623.
21. Stanton R, Kean CO, Scanlan AT. My Jump for vertical jump assessment. Br J Sports Med. 2015;49(17):1157-8. doi: 10.1136/bjsports-2015-094831.
22. Turan M, Ulupınar S, Özbay S, Gençoğlu C, Savaş BÇ, İzzet İ. Validity and reliability of "My Jump app" to assess vertical jump performance: a meta-analytic review. Res Sq. 2022;28:1-16. doi: 10.21203/rs.3.rs-2154724/v1.
23. Sharp AP, Cronin JB, Neville, J. Using smartphones for jump diagnostics: a brief review of the validity and reliability of the My Jump app. Strength Cond J. 2019;41(5):96-107. doi: 10.1519/SSC.0000000000000472.

24. Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, Welch VA (editors). Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.3 (updated February 2022). Cochrane, 2022. Available from www.training.cochrane.org/handbook.
25. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, Shamseer L, Tetzlaff JM, Akl EA, Brennan SE, Chou R, Glanville J, Grimshaw JM, Hróbjartsson A, Lalu MM, Li T, Loder EW, Mayo-Wilson E, McDonald S, McGuinness LA, Stewart LA, Thomas J, Tricco AC, Welch VA, Whiting P, Moher D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71.
26. Mokkink LB, Boers M, van der Vleuten CPM, Bouter LM, Alonso J, Patrick DL, de Vet HCW, Terwee CB. COSMIN Risk of Bias tool to assess the quality of studies on reliability or measurement error of outcome measurement instruments: a Delphi study. BMC Med Res Methodol. 2020;20(1):293. doi: 10.1186/s12874-020-01179-5.
27. Mokkink LB, Prinsen CAC, Patrick DL, Alonso J, Bouter LM, de Vet HCW, Terwee CB. COSMIN methodology for systematic reviews of Patient-Reported Outcome Measures (PROMs), user manual. Version 1.0 dated February 2018. Available online: https://www.cosmin.nl/tools/guideline-conducting-systematic-review-outcome-measures/
28. Mokkink LB, Boers M, van der Vleuten C, Patrick DL, Alonso J, Bouter LM, de Vet HCW, Terwee CB. COSMIN Risk of Bias tool to assess the quality of studies on reliability and measurement error of outcome measurement instrument, user manual. Version 1.0 dated January 2021. Available online: https://www.cosmin.nl/tools/guideline-conducting-systematic-review-outcome-measures/
29. Vieira A, Blazevich AJ, DA Costa AS, Tufano JJ, Bottaro M. Validity and test-retest reliability of the Jumpo app for jump performance measurement. Int J Exerc Sci. 2021;14(7):677-686.
30. Barbalho M, Kleiner AFR, Callegari B, de Lima RC, da Silva Souza G, de Athayde Costa E Silva A, Coswig VS. Assessing interlimb jump asymmetry in young soccer players: the My Jump 2 app. Int J Sports Physiol Perform. 2021;16(1):19-27. doi: 10.1123/ijspp.2019-0981.
31. Montalvo S, Gonzalez MP, Dietze-Hermosa MS, Eggleston JD, Dorgo S. Common vertical jump and reactive strength index measuring devices: a validity and reliability analysis. J Strength Cond Res. 2021;35(5):1234-43. doi: 10.1519/JSC.0000000000003988.
32. Bogataj Š, Pajek M, Hadžić V, Andrašić S, Padulo J, Trajković N. Validity, reliability, and usefulness of My Jump 2 app for measuring vertical jump in primary school children. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(10):3708. doi: 10.3390/ijerph17103708.
33. Azevedo AC, Meninea DS, Magno AP, Silva TM, Sousa RO, Coswig VS. Aplicativo para dispositivos móveis é alternativa válida para medida de altura em saltos verticais em lutadores. Rev Andal Med Deporte. 2019;12(2):83-7.
34. Haynes T, Bishop C, Antrobus M, Brazier J. The validity and reliability of the My Jump 2 app for measuring the reactive strength index and drop jump performance. J Sports Med Phys Fitness. 2019;59(2):253-8. doi: 10.23736/S0022-4707.18.08195-1.
35. Rogers SA, Hassmén P, Hunter A, Alcock A, Crewe ST, Strauts JA, Gilleard WL, Weissensteiner JR. The validity and reliability of the MyJump2 application to assess vertical jumps in trained junior athletes. Meas Phys Educ Exerc Sci. 2019;23(1):69-77. doi: 10.1080/1091367X.2018.1517088.
36. Coswig V, Silva AACE, Barbalho M, Faria FR, Nogueira CD, Borges M, Buratti JR, Vieira IB, Román FJL, Gorla JI. Assessing the validity of the MyJump2 app for measuring different jumps in professional cerebral palsy football players: an experimental study. JMIR Mhealth Uhealth. 2019;7(1):e11099. doi: 10.2196/11099.

37. Brooks ER, Benson AC, Bruce LM. Novel technologies found to be valid and reliable for the measurement of vertical jump height with jump-and-reach testing. J Strength Cond Res. 2018;32(10):2838-45. doi: 10.1519/JSC.0000000000002790.
38. Cruvinel-Cabral RM, Oliveira-Silva I, Medeiros AR, Claudino JG, Jiménez-Reyes P, Boullosa DA. The validity and reliability of the "My Jump App" for measuring jump height of the elderly. PeerJ. 2018;6:e5804. doi: 10.7717/peerj.5804.
39. Carlos-Vivas J, Martin-Martinez JP, Hernandez-Mocholi MA, Perez-Gomez J. Validation of the iPhone app using the force platform to estimate vertical jump height. J Sports Med Phys Fitness. 2018;58(3):227-232. doi: 10.23736/S0022-4707.
40. Rago V, Brito J, Figueiredo P, Carvalho T, Fernandes T, Fonseca P, Rebelo A. Countermovement jump analysis using different portable devices: implications for field testing. Sports (Basel). 2018;6(3):91. doi: 10.3390/sports6030091.
41. Stanton R, Wintour SA, Kean CO. Validity and intra-rater reliability of MyJump app on iPhone 6s in jump performance. J Sci Med Sport. 2017;20(5):518-523. doi: 10.1016/j.jsams.2016.09.016.
42. Driller M, Tavares F, McMaster D, O'Donnell S. Assessing a smartphone application to measure counter-movement jumps in recreational athletes. Int J Sports Sci Coach. 2017;12(5):661-4. doi: 10.1177/1747954117727846.
43. Gallardo-Fuentes F, Gallardo-Fuentes J, Ramírez-Campillo R, Balsalobre-Fernández C, Martínez C, Caniuqueo A, Cañas R, Banzer W, Loturco I, Nakamura FY, Izquierdo M. Intersession and intrasession reliability and validity of the My Jump app for measuring different jump actions in trained male and female athletes. J Strength Cond Res. 2016;30(7):2049-56. doi: 10.1519/JSC.0000000000001304.
44. Balsalobre-Fernández C, Glaister M, Lockey RA. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. J Sports Sci. 2015;33(15):1574-9. doi: 10.1080/02640414.2014.996184.
45. Baptista F, Mil-Homens P, Carita AI, Janz K, Sardinha LB. Peak Vertical Jump Power as a Marker of Bone Health in Children. Int J Sports Med. 2016;37(8):653-658.
46. Janz KF, Laurson KR, Baptista F, Mahar MT, Welk GJ. Vertical Jump Power Is Associated with Healthy Bone Outcomes in Youth: ROC Analyses and Diagnostic Performance. Meas Phys Educ Exerc Sci. 2022;26(4):315-323.
47. Morin JB, Jiménez-Reyes P, Brughelli M, Samozino P. When Jump Height is not a Good Indicator of Lower Limb Maximal Power Output: Theoretical Demonstration, Experimental Evidence and Practical Solutions. Sports Med. 2019;49(7):999-1006.

Tabela Suplementar 1. Estudos excluídos ou não localizados.

Autor (ano)	Título	Journal	Razão da exclusão
Basilio et al. (2020)	Validity, reliability and usefulness of smartphone and kinovea motion analysis software for direct measurement of vertical jump height	Physiol Behav. 227	Não usou um app
Feitosa et al. (2020)	Correlation between a contact plataform and a mobile app in vertical jumping height evaluation	Phys Ther Sport. 45, p.5	Resumo publicado em evento (texto completo não localizado)
Basilio et al. (2019)	Audio-Based System for Automatic Measurement of Jump Height in Sports Science	Sensors (Basel). 19(11)	Não usou um app
Benjamin (2019)	Comparison of Assessment Methods for Muscular Power in Physical Education	Physical Educator. 77(1), pp. 1-14	Não avaliou o salto vertical
Iransé et al. (2018)	Validity of My Jump App to Measure Vertical Jump Height of the Elderly: 2484 Board #8 June 1 1:00 PM - 3:00 PM...ACSM 2018 – American College of Sports Medicine Annual Meeting, May 29, 2018 - June 2, 2018, Minneapolis, MN, USA	Medicine & Science in Sports & Exercise. 50(0), p.615-615	Resumo publicado em evento (texto completo não localizado)
Yingling et al. (2018)	The reliability of vertical jump tests between the Vertec and My Jump phone application	PeerJ. 2018;6:e4669.	Não verificou a validade de um app frente a um instrumento de referência