



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO UPE/UFPA

CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

ANA DENISE DE SOUZA ANDRADE

**ACURÁCIA DE EQUAÇÕES GENERALIZADAS PARA ESTIMAR A CARGA
RELATIVA NO AGACHAMENTO COM PESOS LIVRES PARA HOMENS E
MULHERES**

JOÃO PESSOA

2021

ANA DENISE DE SOUZA ANDRADE

**ACURÁCIA DE EQUAÇÕES GENERALIZADAS PARA ESTIMAR A CARGA
RELATIVA NO AGACHAMENTO COM PESOS LIVRES PARA HOMENS E
MULHERES**

Dissertação apresentada ao Programa
Associado de Pós-Graduação em
Educação Física UPE/UFPA como requisito
para o título de mestre em Educação Física.

Área de Concentração: Saúde, Desempenho e Movimento Humano

Linha de Pesquisa: Cineantropometria e Desempenho Humano

Orientador: Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura

Co-orientadora: Maria do Socorro Brasileiro

JOÃO PESSOA

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A553a Andrade, Ana Denise de Souza.

Acurácia de equações generalizadas para estimar a carga relativa no agachamento com pesos livres para homens e mulheres / Ana Denise de Souza Andrade. - João Pessoa, 2021.

48 f. : il.

Orientação: Fábio Yuzo Nakamura.

Coorientação: Maria do Socorro Brasileiro.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/PAPGEF.

1. Educação Física. 2. Velocidade do movimento. 3. Agachamento - Homens - Mulheres. 4. Treinamento de força. I. Nakamura, Fábio Yuzo. II. Brasileiro, Maria do Socorro. III. Título.

UFPB/BC

CDU 613.71(043)

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA UPE-UFPB
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

A Dissertação **Validade e acurácia de equações generalizadas para estimar a carga de uma repetição máxima no agachamento com pesos livres de homens e mulheres.**

Elaborada por Ana Denise de Souza Andrade

Foi julgada pelos membros da Comissão Examinadora e aprovada para obtenção do título de MESTRE EM EDUCAÇÃO FÍSICA na Área de Concentração: Saúde, Desempenho e Movimento Humano.

João Pessoa, 10 de agosto de 2021

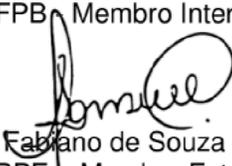
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura
UFPB - Presidente da Sessão



Prof. Dr. Leonardo de Sousa Fortes
UFPB - Membro Interno



Prof. Dr. Fabiano de Souza Fonseca
UFRPE - Membro Externo

AGRADECIMENTOS

A Deus

A mim

Meus familiares

Meu namorado e sua mãe

Meus primeiros amigos no caminho da pesquisa (Witalo e Alexandre)

Amigos de trajetória de mestrado (Kalline, Marlon, Mira e Tati)

Amigos de jornada que fizeram os tempos de pandemia serem mais leves e mais proveitosos (Dalton, Dani, Bruno, Felipe e Malu)

Amigos que auxiliaram para que esse trabalho fosse consolidado (Petrus e Drumond)

Por ter aberto as portas do seu grupo de pesquisa, abraçado essa dissertação, e ofertado o suporte necessário para esse trabalho ser realizado (Fabiano)

Por ter auxiliado no início da trajetória do mestrado (Leonardo)

Obrigado Ricardo e Herson da secretaria da PAPGEF, por serem sempre solícitos, em especial Ricardo por ter me acompanhado por toda a trajetória do mestrado.

Por ter tornado possível a minha trajetória no mestrado, auxiliado na construção desse trabalho e pelas trocas sobre as experiências da vida (Fábio)

Meus singelos agradecimentos a vocês!

RESUMO

O objetivo do estudo foi determinar a acurácia das equações generalizadas para estimar a carga relativa no agachamento com pesos livres de homens e mulheres. Participaram do estudo 21 homens ($24,45 \pm 4,35$ anos; $1,77 \pm 0,07$ metros; $80,26 \pm 8,35$ kg; tempo de prática: $3,40 \pm 3,10$ anos) e 21 mulheres ($25,22 \pm 3,06$ anos; $1,64 \pm 0,05$ metros; $64,27 \pm 7,49$ kg; tempo de prática: $3,49 \pm 2,32$ anos). O estudo ocorreu em 2 dias, com intervalo de ~ 72 h. A familiarização com o exercício agachamento com pesos livres ocorreu no 1º dia e, no segundo dia, foi realizado o teste incremental no exercício proposto, para avaliar a carga de 1RM. A velocidade propulsiva média (VPM) foi mensurada durante o teste, por meio de um transdutor linear acoplado na barra e um *smartphone*. A predição de 1RM foi realizada por meio de equações generalizadas: geral (a partir da amostra do estudo) e proposta por Pareja-Blanco et al., a partir das VPM relativas a $\sim 50\%$ e $\sim 80\%$ de 1RM. Os dados foram analisados por meio da estatística descritiva. A relação carga-velocidade foi testada por meio da regressão linear (L) e polinomial (P). As diferenças entre sexos foram avaliadas por meio do teste t e tamanho do efeito e, para comparar o 1RM real e os valores preditos, utilizou-se ANOVA de medidas repetidas e *post hoc* de Bonferroni. O nível de concordância entre o 1RM real e predito foi testado por meio do coeficiente de correlação intra-classe (CCI) e diagrama de Bland-Altman. Foram identificados bons ajustes na relação carga-velocidade de homens (L: $R^2 = 0,9628$; EPE = 0,0553 m/s; P: $R^2 = 0,9630$; EPE = 0,0553 m/s) e mulheres (linear: $R^2 = 0,9327$; EPE = 0,0595 m/s; $R^2 = 0,9328$; EPE = 0,0595 m/s). Não houve diferença significativa entre o 1RM real e predito por equações gerais (50% e 80%), independente do modelo de regressão utilizado. Contudo, as equações de Pareja-Blanco subestimaram o 1RM de homens e mulheres. Houve concordância e baixo viés ($<5\%$) de predição a partir das equações gerais lineares, utilizando a VPM relativa à $\sim 80\%$ de 1RM. As equações lineares gerais preditas a partir da velocidade de $\sim 80\%$ de 1RM apresentaram maior acurácia na predição de 1RM no agachamento com pesos livres para homens e mulheres.

Palavras-chave: treinamento baseado na velocidade; sexo; velocidade do movimento; treinamento de força.

ABSTRACT

The study aimed to determine the accuracy of the generalized equations for estimating the relative load in the free-weight squat for men and women. Twenty-one men (24.45 ± 4.35 years; 1.77 ± 0.07 meters; 80.26 ± 8.35 kg; practice time: 3.40 ± 3.10 years) and 21 women participated in the study (25.22 ± 3.06 years; 1.64 ± 0.05 meters; 64.27 ± 7.49 kg; time of practice: 3.49 ± 2.32 years). The study was conducted in 2 days, with an interval of ~ 72 h. Familiarization with the squat with free weights exercise occurred on the 1st day and, on the second day, was performed an incremental test in the proposed exercise to assess the 1RM load. The mean propulsive velocity (MPV) was measured during the test using a linear transducer coupled to the bar and a smartphone app. The prediction of 1RM was performed using generalized equations: general (based on the study sample) and proposed by Pareja-Blanco et al., (2020), and based on MPVs relative to $\sim 50\%$ and $\sim 80\%$ of 1RM. Data were analyzed using descriptive statistics. The load-velocity relationship was tested using linear (L) and polynomial (P) regression. Differences between sex were evaluated through t- test and effect size, and to compare the real 1RM and the predicted values, repeated measures ANOVA and Bonferroni post hoc were used. The level of agreement between the real and predicted 1RM was tested using the intra-class correlation coefficient (ICC) and Bland-Altman. A strong inverse load-velocity relationship was observed for men (L: $R^2 = 0.9628$; EPE = 0.0553 m / s; P: $R^2 = 0.9630$; EPE = 0.0553 m / s) and women (linear: $R^2 = 0.9327$; EPE = 0.0595 m / s; $R^2 = 0.9328$; EPE = 0.0595 m / s). There was no significant difference between the real and predicted 1RM by general equations (related velocity $\sim 50\%$ and $\sim 80\%$ of 1RM), regardless of the regression model used. However, results for the Pareja-Blanco equations underestimated the 1RM of men and women. There was agreement and low bias ($<5\%$) of prediction from the general linear equations, using an MPV relative to $\sim 80\%$ of 1RM. The general linear equations predicted from $\sim 80\%$ 1RM velocity added greater accuracy in predicting 1RM in free weights squat for men and women.

Keywords: velocity-based training; sex; movement velocity; strength training.

LISTA DE ABREVIATURAS

RM	Repetição Máxima
VPM	Velocidade propulsiva média
L	Linear
P	Polinomial
CCI	Coefficiente de correlação intra-classe
EPE	Erro padrão da estimativa
TE	Tamanho do efeito
CV	Coefficiente de variação
VM	Velocidade média
VP	Velocidade pico
IC	Intervalo de confiança
V _{1RM}	Velocidade de 1RM
EPM	Erro padrão de mensuração
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
H	Homem
M	Mulher
TF	Treinamento de força
%1RM	Intensidade relativa

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 – Relação entre a carga de 1RM (%) e VPM de homens e mulheres. Os pontos brancos e a linha reta representam os dados das mulheres. Os pontos cinzas e a linha tracejada representam os dados de homens.....	32
FIGURA 2 – Diferenças absolutas entre a carga real e predita de 1RM (kg), através das equações generalizadas para homens (A) e para mulheres (B).....	33
FIGURA 3 – Diagrama de Bland–Altman entre os valores reais e preditos de 1RM (kg) para os homens obtidos pelas equações lineares (painéis superiores), polinomiais (painéis do meio) e da equação proposta por Pareja-Blanco et al. (2020) (painéis inferiores).....	35
FIGURA 4 – Diagrama de Bland–Altman entre os valores reais e preditos de 1RM (kg) para as mulheres obtidos pelas equações lineares (painéis superiores), polinomiais (painéis do meio) e da equação proposta por Pareja-Blanco et al. (2020) (painéis inferiores).....	37

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 – Equações generalizadas e resultados de coeficiente de determinação e erro padrão de estimativa	31
TABELA 2 – Valores descritivos de 1RM real e predito a partir das equações generalizadas de homens e mulheres no agachamento com pesos livres.....	34
TABELA 3 – Dados descritivos de velocidade propulsiva média no agachamento com pesos livres de homens e mulheres	38

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO GERAL	14
2.1 Objetivos específicos	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 Avaliação da relação carga-velocidade	15
3.2 Relação carga-velocidade de acordo com o sexo	19
3.3 Relação carga-velocidade no agachamento	21
4. MÉTODOS	26
4.1 Caracterização do estudo	26
4.2 Participantes	26
4.3 Delineamento do estudo	26
4.4 Variáveis do estudo	27
4.4.1 Carga de 1 repetição máxima	27
4.4.2 Equações generalizadas	28
4.5 Análise estatística	29
5. RESULTADOS	30
6. DISCUSSÃO	38
7. CONCLUSÃO	41
8. REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF) é um método efetivo e amplamente utilizado para promover adaptações neuromusculares (i.e., força, potência, velocidade e endurance muscular) em diferentes populações (FRY, 2004). Para otimizar estas adaptações neuromusculares, a manipulação de diferentes variáveis de prescrição do TF (i.e., ordem dos exercícios, volume, intensidade, intervalo de recuperação) é necessária (BIRD; TARPENNING; MARINO, 2005). Dentre estas variáveis, tem sido sugerido que a intensidade do exercício é um dos principais parâmetros de prescrição capaz de induzir adaptações neuromusculares específicas ao praticante de TF (HARRISON et al., 2019). A abordagem mais utilizada para a prescrição da intensidade no TF é carga relativa obtida por meio do teste de uma repetição máxima (1RM) (BUCKNER et al., 2017), considerada uma medida direta e reprodutível (BANYARD et al., 2018). O teste de 1RM consiste em realizar o exercício com cargas incrementais, até que a carga máxima possa ser levantada com a técnica adequada, podendo ser utilizado para avaliação da força dinâmica e para prescrição do TF (PICERNO et al., 2016). Apesar de ser consolidado na literatura, o teste de 1RM tem sido considerado desvantajoso, dispendioso e com possível risco de lesão (GONZÁLEZ-BADILLO; SÁNCHEZ-MEDINA, 2010; LOTURCO et al., 2015). Adicionalmente, considerando que nas primeiras semanas de treinamento são identificadas adaptações na força máxima e que existem ondulações diárias no estado de prontidão dos praticantes (DORRELL; SMITH; GEE, 2020), seriam necessárias avaliações recorrentes, tornando a abordagem impraticável no contexto prático.

Diante do exposto, pesquisadores têm buscado métodos indiretos para a predição acurada da carga de 1RM como, por exemplo, o método de repetições submáximas até a falha muscular concêntrica (RMs). Embora a utilização de RMs como parâmetro de referência para a prescrição da intensidade do TF seja bem estabelecida, é importante destacar que sua realização está associada a altos níveis de fadiga e a desconforto entre os praticantes (NIEWIADOMSKI et al., 2008). Mais recentemente, a mensuração da velocidade concêntrica do movimento tem sido proposta como uma alternativa válida, tempo-eficiente e menos fatigante para estimar a carga relativa (%1RM) em programas de TF (GONZÁLEZ-BADILLO; MARQUES; SÁNCHEZ-MEDINA, 2011). A utilização da velocidade concêntrica pode ser explicada por meio da relação forte e inversa entre a carga relativa (%1RM) e a velocidade de

deslocamento da barra (e.g. relação carga-velocidade), tornando possível estabelecer equações de predição específicas para cada exercício como, por exemplo, no exercício supino (GONZÁLEZ-BADILLO; SÁNCHEZ-MEDINA, 2010) e no agachamento e suas variações (i.e. meio agachamento e agachamento completo) (CONCEIÇÃO et al., 2016). Os modelos de equações preditivas têm sido estabelecidas a partir de regressões lineares (CONCEIÇÃO et al., 2016) e polinomiais (MARTÍNEZ-CAVA et al., 2019). Contudo, estudos demonstraram que os modelos de regressão linear apresentam maior acurácia na predição da carga relativa no supino e agachamento para levantadores de peso (PESTAÑA-MELERO et al., 2018; THOMPSON et al., 2020). Além disso, a simplicidade da equação linear facilita a predição da carga relativa do exercício selecionado, por isso estas informações são de grande importância aos profissionais de Educação Física que utilizam a carga relativa com o intuito de prescrever o treinamento de força para população em geral.

Com o avanço de estudos que avaliaram a relação carga-velocidade, são observadas na literatura equações generalizadas que foram propostas para a predição das cargas relativas ao 1RM, por meio da avaliação da velocidade da barra (CONCEIÇÃO et al., 2016; SÁNCHEZ-MEDINA et al., 2017; PAREJA-BLANCO; WALKER; HÄKKINEN, 2020). Ainda que seja possível a utilização de equações generalizadas para a predição da carga relativa ao 1RM (GARCIA-RAMOS; JARIC, 2018), há indícios de que a relação carga-velocidade apresenta dependência das características específicas dos participantes (i.e. antropometria, sexo, idade) (GARCÍA-RAMOS; SUZOVIC; PÉREZ-CASTILLA, 2019), podendo afetar a acurácia das equações generalizadas. Desta forma, investigações sobre a acurácia das equações generalizadas existentes na literatura para outras populações são necessárias (PESTAÑA-MELERO et al., 2018; PAREJA-BLANCO; WALKER; HÄKKINEN, 2020), visto que essas informações auxiliariam praticantes e treinadores na prescrição da carga no TF, reduzindo a necessidade da realização de testes exaustivos.

Uma importante consideração metodológica sobre a acurácia do registro da velocidade da barra pelos *encoders* lineares é a necessidade de a barra percorrer uma trajetória linear durante o exercício realizado (APPLEBY et al., 2020). Nesse sentido, as investigações que propuseram equações generalizadas incluíram exercícios guiados (i.e. *Smith machine*) (CONCEIÇÃO et al., 2016; SÁNCHEZ-MEDINA et al., 2017; PAREJA-BLANCO; WALKER; HÄKKINEN, 2020), embora,

quando utilizada essas equações para predizer a carga relativa para exercícios com pesos livres, são observados erros sistemáticos (GARCÍA-RAMOS et al., 2018a, 2019). A utilização de diferentes transdutores lineares pode ser outro colaborador para o aumento do erro sistemático na predição da carga relativa em estudos de validação e na tentativa de utilizar equações generalizadas em outras amostras (PÉREZ-CASTILLA et al., 2019; WEAKLEY et al., 2021). Contudo, a maioria dos estudos que avaliaram a relação carga-velocidade foram realizados com o público masculino (BANYARD et al., 2019; HUGHES; PEIFFER; SCOTT, 2020; ELSWORTHY et al., 2021), evidenciando uma lacuna de estudos que avaliaram mulheres. Dessa forma, é necessária a realização de estudos que busquem trazer informações acerca da relação carga-velocidade de mulheres e, assim, atenuar os erros referentes à prescrição de treinamento para esta população.

Além disso, estudos que compararam a relação carga-velocidade entre os sexos em exercícios para membros superiores identificaram a necessidade de utilizar equações específicas para cada sexo devido às diferenças identificadas na velocidade empregada em uma mesma carga (%), principalmente em cargas inferiores a 90% de 1RM (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ; GARCÍA-RAMOS; JIMÉNEZ-REYES, 2018; GARCÍA-RAMOS; SUZOVIC; PÉREZ-CASTILLA, 2019; TORREJÓN et al., 2019; PAREJA-BLANCO; WALKER; HÄKKINEN, 2020). Portanto, é recomendado que equações generalizadas específicas para cada sexo sejam utilizadas para aumentar a acurácia da predição da carga relativa. Além disso, a acurácia da predição de equações generalizadas parece ser aumentada quando é utilizada cargas relativas baixas (40-50%) e altas (70-80%), pois podem atenuar os erros de predição, como também facilitam a avaliação dos profissionais em virtude da utilização de cargas submáximas (GARCIA-RAMOS; JARIC, 2018; PÉREZ-CASTILLA et al., 2018). Por fim, é importante verificar se as equações presentes na literatura podem ser extrapoladas para outras amostras, a fim de utilizar essa abordagem como uma estratégia acurada e tempo-eficiente para a prescrição da carga relativa nos programas de TF. Com o intuito de responder as lacunas apresentadas anteriormente, o objetivo do presente estudo foi determinar a acurácia de equações generalizadas para estimar a carga relativa (%1RM) no exercício de agachamento com pesos livres em homens e mulheres.

2. OBJETIVO GERAL

Determinar a acurácia de equações generalizadas para estimar a carga relativa (%1RM) no exercício de agachamento com pesos livres em homens e mulheres.

2.1 Objetivos específicos

- a) Avaliar a acurácia da equação generalizada geral e de Pareja-Blanco et al., (2020) para estimar a carga relativa de homens e mulheres;
- b) Identificar o melhor ajuste dos modelos lineares e polinomiais na relação carga-velocidade de homens e mulheres;
- c) Comparar a curva carga-velocidade de homens e mulheres no exercício agachamento com pesos livres;
- d) Comparar a acurácia das equações generalizadas de homens e mulheres no agachamento com pesos livres;
- e) Analisar a acurácia da predição da carga relativa a partir da velocidade relacionada à carga relativa de ~50% e ~80% de 1RM.

2.2 Hipótese

As hipóteses elencadas pelo presente estudo são referentes aos objetivos esperados. Primeiramente, a acurácia das equações gerais será superior quando comparada a equação de generalizada de Pareja-Blanco et al., (2020). Ambos os modelos de equação serão acurados e com bons ajustes para a predição da carga relativa no agachamento com pesos livres de homens e mulheres. A curva carga-velocidade de homens será mais inclinada, por causa do emprego de maior velocidade na realização do agachamento com pesos livres, em comparação as mulheres. Ambas as velocidades relativas a cargas submáximas, serão acuradas para a predição da carga relativa.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Avaliação da relação carga-velocidade

Semelhante a outros sistemas que convertem energia para a produção de trabalho e potência, a força (F) e a velocidade (V) empregados em um movimento estão inversamente relacionados (JARIC, 2015), ou seja, com o aumento da carga externa, ocorre maior produção de força aplicada na contração muscular concêntrica, e uma diminuição da velocidade do movimento (KAWAMORI; HAFF, 2004). A influência desses dois componentes das capacidades neuromusculares modula a aplicação de força máxima e a realização da contração muscular em alta velocidade. O desempenho da força e velocidade são essenciais, por ser o produto da potência, característica importante dentro das modalidades esportivas em ações, como saltos, arremessos, sprints e mudanças de direção (HAFF; NIMPHIUS, 2012). Determinar a relação força-velocidade (F-V) do indivíduo pode ser útil para identificar todo o espectro de suas capacidades mecânicas e de suas mudanças na geração de força com o aumento da velocidade do movimento (RAHMANI et al., 2018). É proposto na literatura que a força máxima teórica, cuja velocidade é nula (F_0), e a velocidade máxima teórica, cuja força é nula (V_0), podem ser caracterizadas por uma relação linear (JARIC, 2015). Além disso, foi identificado que, igualmente à relação F-V, a carga relativa apresenta uma relação linear inversa com a velocidade, podendo ser mais fácil a implementação para profissionais da área (CRONIN; MCNAIR; MARSHALL, 2003; GONZÁLEZ-BADILLO; SÁNCHEZ-MEDINA, 2010).

Para a prescrição do TF são consideradas a manipulação de diferentes variáveis, como, por exemplo, a ordem dos exercícios, intervalo entre as séries, frequência semanal, volume e intensidade. Dentre elas, a intensidade é considerada essencial para gerar adaptações importantes relacionadas ao TF (DORRELL; SMITH; GEE, 2020; GONZÁLEZ-BADILLO; SÁNCHEZ-MEDINA, 2010). A avaliação da carga do treinamento é realizada por meio do teste de 1 RM, que tem sido considerado desvantajoso, por causa do desgaste físico, elevada demanda de tempo, bem como aos riscos de lesão por consequência da utilização de altas cargas (LOTURCO et al., 2019). Além disso, a carga referente a 1RM pode sofrer flutuações diárias devido à fadiga e às rápidas adaptações neuromusculares atribuídas ao TF (GONZÁLEZ-

BADILLO; MARQUES; SÁNCHEZ-MEDINA, 2011; SÁNCHEZ-MEDINA; GONZÁLEZ-BADILLO, 2011). Assim, outros métodos têm sido propostos para facilitar a prescrição da carga, assim como a avaliação das ondulações diárias de fadiga e adaptações relacionadas ao TF.

A fim de diminuir as limitações apresentadas anteriormente, a avaliação e monitoramento da velocidade do movimento durante o TF demonstrou-se uma alternativa válida que demanda menor desgaste físico e sensível às oscilações diárias de força durante o período de treinamento (GONZÁLEZ-BADILLO; SÁNCHEZ-MEDINA, 2010; SÁNCHEZ-MEDINA; GONZÁLEZ-BADILLO, 2011). O estudo de González-Badillo e Sanchez-Medina (2010) examinou a possibilidade de usar a velocidade do movimento como um indicador de intensidade no exercício supino e obteve como resultado forte correlação entre a velocidade propulsiva média e a intensidade relativa (% 1 RM) ($R^2 = 0,98$). Esta relação se mostrou estável independentemente da força relativa dos avaliados. Portanto, a relação carga-velocidade permite à avaliação da força máxima sem a necessidade de realizar um teste de 1RM. Dessa forma, a avaliação torna-se simples, por meio de uma repetição com uma carga submáxima no exercício resistido escolhido. A relação carga-velocidade já foi investigada e apresentou forte relação inversa em outros exercícios como o agachamento, *leg-press* 45° (CONCEIÇÃO et al., 2016), a extensão de joelho (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ; CARDIEL-GARCÍA; JIMÉNEZ, 2019), a remada (SÁNCHEZ-MEDINA et al., 2013), a puxada (SÁNCHEZ-MORENO et al., 2017) e o levantamento terra (RUF; CHÉRY; TAYLOR, 2018).

A abordagem do treinamento baseado na velocidade do movimento possui diferentes variáveis metodológicas. Primeiramente, o tipo de velocidade mensurada para traçar o perfil carga-velocidade como, por exemplo, a velocidade média (VM: velocidade considerando toda a fase concêntrica do movimento), a velocidade propulsiva média (VPM: velocidade considerando a porção do movimento em que a aceleração da barra é superior à aceleração da gravidade [$-9,81 \text{ m/s}^2$]) e a velocidade pico (VP: velocidade instantânea máxima alcançada durante a fase concêntrica) (GARCÍA-RAMOS et al., 2018b; SANCHEZ-MEDINA; PEREZ; GONZALEZ-BADILLO, 2010). Desta forma, é importante a avaliação da medida de velocidade mais confiável para identificar a relação carga-velocidade e utilizar durante a prescrição do TF. Pensando em comparar as variáveis de velocidade (VM, VPM e VP) no exercício

supino, foi identificado que a VM (VM: $r^2 = 0,989 - 0,993$; EPE = 3,80–4,76%1RM; VPM: $r^2 = 0,983 - 0,980$; EPE = 4,91–5,56%1RM; VP: $r^2 = 0,974 - 0,969$; EPE = 5,36–5,77%1RM) é a variável mais confiável e com melhor acurácia quando comparada às outras variáveis de velocidade (GARCÍA-RAMOS et al., 2018b). No entanto, quando avaliadas em exercícios para membros inferiores, as medidas podem ser diferentes. Ao comparar as variáveis de velocidade (e.g. VPM e VP) nos exercícios de agachamento profundo, *leg-press* e de meio-agachamento, foi identificado que a VPM apresenta melhor precisão na medida de velocidade ($\pm 0,04$ m/s) (CONCEIÇÃO et al., 2016). Contudo, a velocidade propulsiva média subtrai a fase de desaceleração do movimento (SANCHEZ-MEDINA; PEREZ; GONZALEZ-BADILLO, 2010) e elimina a possibilidade de subestimar o verdadeiro potencial neuromuscular para deslocar cargas leves e médias (LOTURCO et al., 2015).

Outra variável considerada para a avaliação da velocidade é a técnica de execução do movimento. A transição rápida entre a fase excêntrica para a fase concêntrica do movimento é denominada ciclo alongamento-encurtamento. Essa técnica de execução potencializa a performance na fase concêntrica subsequente do movimento, por causa do armazenamento de energia elástica na fase excêntrica (PALLARÉS et al., 2014). A técnica do ciclo alongamento-encurtamento pode contribuir para o aumento de produção da força e potência quando comparada a ações realizadas apenas utilizando a fase concêntrica do movimento (CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2010). O ciclo alongamento-encurtamento é observado mais pronunciadamente em movimentos atléticos como salto, arremesso entre outros, porém pode ser identificado no treinamento resistido. Neste último, pode ser visto um certo grau de melhoria do desempenho, mesmo após tempos de transição considerados longos (460 ms) entre as fases excêntrica e concêntrica (CRONIN; MCNAIR; MARSHALL, 2001). Adicionalmente, o ciclo alongamento-encurtamento pode ser influenciado pela velocidade e produção de força realizada na fase excêntrica (GONZÁLEZ-BADILLO; MARQUES, 2010). Quando avaliada a inclusão da pausa entre a fase concêntrica e excêntrica do movimento no exercício supino e agachamento profundo, foi identificado menor variação entre sujeitos na curva carga-velocidade, como também menores erros na medida (PALLARÉS et al., 2014). Além disso, esta técnica tem sido indicada para benefícios no desempenho neuromuscular de ações esportivas que têm como componente principal a fase concêntrica do

movimento (MARTÍNEZ-CAVA et al., 2020a). Apesar disso, no mundo real, essa técnica não é realizada convencionalmente, limitando a sua extrapolação para a prática dos profissionais da área.

Devido às limitações para se mensurar a carga de 1RM, foram realizados estudos para a predição de 1RM através de equações generalizadas baseadas no número de equações até a falha (BRZYCKI, 1993; MAYHEW et al., 1992; SIMMONS; O'SHEA; O'CONNOR, 1989). Contudo, atualmente foram publicados estudos que utilizaram a velocidade do movimento para estabelecer equações generalizadas e, assim, predizer a carga relativa, podendo ser uma alternativa válida e reproduzível (CONCEIÇÃO et al., 2016; PAREJA-BLANCO; WALKER; HÄKKINEN, 2020). Um estudo buscou comparar os métodos de predição de 1RM no exercício remada com barra livre através de equações generalizadas com repetições até a falha, equações generalizadas polinomial e linear, e equações individuais de múltiplos e dois pontos da curva carga-velocidade no exercício guiado. Os resultados apresentados identificaram que a equação generalizada linear e as individuais (múltiplo pontos e dois pontos) não apresentaram diferenças nos erros sistemáticos de predição. Além disso, todas as equações apresentaram valores válidos e reproduzíveis, podendo ser recomendada a sua utilização (GARCÍA-RAMOS et al., 2019). Desta forma, a utilização de equações generalizadas pode ser uma alternativa para a predição da carga relativa, pois são consideradas acuradas, demandam menos tempo, e não são realizados testes exaustivos para a prescrição do TF.

Apesar da ampla recomendação para utilizar a velocidade do movimento para facilitar a prescrição do TF e avaliar o desempenho em tempo real, a sua mensuração era possível apenas em laboratórios. O padrão-ouro para avaliação da velocidade do movimento, foi, inicialmente, a plataforma de força e, por causa do seu alto custo e pouca portabilidade, isso dificultou a utilização deste equipamento na prática de treinadores e de pesquisadores (HARRIS et al., 2010). Recentemente, novos dispositivos foram fabricados com menor custo e maior portabilidade, podendo auxiliar no planejamento do treinamento para melhores resultados no desempenho. Há dois equipamentos que são amplamente utilizados para a avaliação da velocidade do movimento: o transdutor linear que avalia o tempo e o deslocamento da barra, transformando em sinal digital; e os acelerômetros que estimam os resultados cinéticos e cinemáticos através da avaliação dos dados de aceleração (WEAKLEY et

al., 2021). Apesar da grande quantidade de equipamentos, é importante identificar quais são os equipamentos acurados e reproduzíveis mais adequados para a mensuração das variáveis de interesse.

Neste sentido, o estudo de Pérez-Castilla e colaboradores (2019) teve como objetivo comparar a reprodutibilidade e a validade de 7 dispositivos para mensurar a velocidade do movimento durante o exercício supino no *Smith machine*. Esses 7 dispositivos foram comparados com um dispositivo padrão-ouro 3D (*Trio-OptiTRack*) e os resultados demonstraram que aqueles mais confiáveis são: (a) *Speed4Lift* (CV = 2,61%); (b) *Velowin* (CV = 3,99%); *PowerLift* (CV = 3,97%), *Trio-OptiTrack* (CV = 4,04%); *T-Force* (CV = 4,35%), e *Chronojump* (CV = 4,53%); (c) *PUSH band* (CV = 9,34%); e (d) *Beast sensor* (CV = 35,0%) (PÉREZ-CASTILLA et al., 2019). Portanto, os transdutores lineares (*Chronojump*, *Speed4Lift*, *T-Force*), os sistemas ópticos (*Velowin*) e o aplicativo para celular (*PowerLift*) podem ser válidos e confiáveis para monitorar a velocidade do movimento. Enquanto dispositivos de *IMUs* (unidades de medida inercial) não apresentaram valores favoráveis para utilização. Adicionalmente, uma recente revisão sistemática indicou que os transdutores lineares possuem maior precisão e acurácia para mensuração da velocidade de movimento, quando comparados a sistemas ópticos, a aplicativos de celular e a acelerômetros (WEAKLEY et al., 2021). Portanto, é favorável a utilização de transdutores lineares e de posição, pois apresentam resultados válidos e acurados e sua portabilidade permite o feedback em tempo real da velocidade do movimento nas sessões de treino. Contudo, esses equipamentos apresentam erros de medida específicos, podendo ser difícil a extrapolação de resultados para um mesmo exercício a partir de equipamentos diferentes.

3.2 Relação carga-velocidade de acordo com o sexo

Na literatura já é estabelecido que homens e mulheres apresentam diferenças no desempenho e nos aspectos fisiológicos, estes últimos especificamente se referem à área da secção transversa das fibras musculares e ao tipo de fibra muscular que se dispõem no músculo (STARON et al., 2000). A área de secção transversa das fibras musculares é maior em homens quando comparados a mulheres (STARON et al., 2000). Quanto ao tipo de fibras, as quantidades de fibras do Tipo IIa são maiores para homens, enquanto em mulheres foram encontradas maiores quantidades de fibras do

Tipo I no músculo vasto lateral (STARON et al., 2000). No desempenho, o homem consegue empregar maior força, em comparação às mulheres, e é sugerido que a maior produção de força de homens refere-se a maior largura das fibras musculares, principalmente nos membros superiores (MILLER et al., 1993). Estas diferenças podem dificultar a comparação direta de homens e mulheres em termos de desempenho (FLECK; KRAEMER, 1997).

Tendo em vista que as diferenças entre os sexos podem influenciar a prescrição do TF (ROBERTS; NUCKOLS; KRIEGER, 2020), as especificidades de ambos os sexos devem ser consideradas. Contudo, os estudos iniciais, que investigaram uma nova técnica de prescrição da carga relativa, foram realizados com homens (GONZÁLEZ-BADILLO; SÁNCHEZ-MEDINA, 2010; LOTURCO et al., 2016; SÁNCHEZ-MEDINA et al., 2017). Por este motivo, foram realizados novos estudos com o objetivo de investigar a relação carga-velocidade de homens e mulheres, proporcionando o aprofundamento das possíveis diferenças entre os sexos.

Os estudos iniciais que avaliaram a relação carga-velocidade de homens e mulheres foram realizados em exercícios para membros superiores. A carga relativa e a velocidade do movimento apresentaram uma relação forte e inversa com bons ajustes e baixos erros de estimativa para homens e mulheres no exercício supino (JIDOVTSSEFF et al., 2011; GARCÍA-RAMOS; SUZOVIC; PÉREZ-CASTILLA, 2019; TORREJÓN et al., 2019) e no desenvolvimento de ombros (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ; GARCÍA-RAMOS; JIMÉNEZ-REYES, 2018). Os estudos identificaram que homens empregaram maior velocidade em cargas <90% de 1RM, quando comparados as mulheres. Entretanto não foram identificadas diferenças entre homens e mulheres na velocidade empregada em altas cargas. Esses resultados evidenciam a necessidade da avaliação da relação carga-velocidade e da predição da carga relativa de acordo com sexo.

Igualmente aos exercícios para membros superiores, foram identificados resultados semelhantes em exercícios para membros inferiores. Uma relação forte entre a carga relativa e a velocidade da barra foi observada no agachamento com pesos livres e no agachamento no *Smith Machine*, além de baixos erros sistemáticos e boa acurácia na predição da carga relativa (ASKOW et al., 2019; PAREJA-BLANCO; WALKER; HÄKKINEN, 2020). Contudo, salienta-se a importância de realizar a predição da carga relativa a partir de equações específicas para cada sexo, a fim de

minimizar os erros sistemáticos e obter maior acurácia na predição (PAREJA-BLANCO; WALKER; HÄKKINEN, 2020).

Por fim, podemos evidenciar que existem diferenças entre os sexos na velocidade do movimento empregada em cargas submáximas, resultando na necessidade de equações específicas de acordo com o sexo, reafirmando a necessidade de estudos para investigação dessas diferenças e dos fatores que podem influenciá-las.

3.3 Relação carga-velocidade no agachamento

O agachamento é um dos exercícios para membros inferiores e *core* mais utilizados nos programas de treinamento, por apresentar biomecânica e desempenho neuromuscular similar aos movimentos realizados em diversas modalidades atléticas, sendo utilizado, por isso, com o objetivo de melhorar a aptidão física e na recuperação de lesões (ESCAMILLA, 2001; SCHOENFELD, 2010). Esse é um exercício de cadeia fechada em que o movimento se inicia na posição ereta e com os joelhos e quadris estendidos, logo após é realizado um agachamento com a flexão dos quadris, dos joelhos e dos tornozelos até a posição desejada e, na sequência, retorna-se à posição inicial (i.e. totalmente estendida). No geral, o agachamento pode ser realizado em diversas amplitudes, conceituação que pode variar de acordo com os pesquisadores, mas, geralmente, é mensurada a partir da flexão do joelho e categorizada em meio-agachamento (80° - 100°), agachamento paralelo (60° - 70°), e agachamento profundo (40° - 45°) (HARTMANN; WIRTH; KLUSEMANN, 2013). É válido ressaltar que o meio-agachamento possibilita o levantamento de maiores cargas e o maior desempenho de potência quando comparado a outras variações de agachamento (MARTÍNEZ-CAVA et al., 2019).

O agachamento pode ser realizado de duas maneiras: com pesos livres que é preconizado em função da maior mobilização dos músculos para estabilização do movimento ou com maquinário (i.e. *Smith machine*) o qual é facilmente utilizado para indivíduos iniciantes, pois permite fácil estabilização e equilíbrio. O estudo de Schwanbeck e colaboradores (2009) comparou a ativação muscular do agachamento realizado com os pesos livres e no *Smith machine* e o resultado identificou maiores ativações musculares para o agachamento executado em barra livre. Além disso,

apontou que ambos exercícios podem auxiliar de formas diferentes no desempenho de praticantes de TF.

A avaliação da relação carga-velocidade no agachamento com pesos livres foi investigada pelo o estudo de Thompson e colaboradores (2020) teve como objetivo analisar o perfil carga-velocidade individual e general, e comparar os modelos de regressão linear e não-linear (polinomial) nos exercícios agachamento com pesos livres e *Power clean*. Como resultado observou-se uma relação forte e negativa entre a carga relativa e a velocidade média em ambos os exercícios. Especificamente para o agachamento com pesos livres, foi identificado grande variabilidade (>10%) entre os participantes referente à velocidade média em cargas altas com resultados favoráveis à avaliação da relação carga-velocidade individual. Ainda, relativamente aos modelos de regressão, não foi identificado diferenças significativas, sendo recomendado a utilização do modelo a critério das escolhas dos profissionais de Educação Física. Apesar disso, o modelo de equação linear demonstrar-se mais confiável e simples para a utilização na prescrição do treinamento de força (PESTAÑA-MELERO et al., 2018). Ainda que estas informações estejam presentes na literatura, não foram testadas a validade e a acurácia destes modelos de equações para a predição da carga relativa em agachamento com pesos livres para mulheres e, por isso, estudos devem ser realizados, a fim de aumentar o leque de informações que auxiliem profissionais na prescrição do TF para o público feminino.

O estudo de Pareja-Blanco e colaboradores (2020) propôs equações generalizadas polinomiais para homens e mulheres, no exercício agachamento com o *Smith machine*, para predizer a carga relativa, e testar se as equações generalizadas específicas para homens e as para mulheres são válidas para mulheres. Como resultado, ambas equações foram válidas para a predição da carga relativa no agachamento no *Smith machine* para as mulheres, ainda que a equação específica para o sexo feminino tenha apresentado maior acurácia na predição de 1RM. Dessa forma, é aconselhado a utilização de equações específicas para cada sexo e estas devem ser validadas para outras amostras da mesma população. O estudo de Garcia-Ramos et al., (2019), que analisou a validade de equações generalizadas e individuais para predição da carga relativa, identificou que, além das equações individualizadas, apenas a equação generalizada de Loturco et al. (2021), estudo conduzido com pesos livres, exercício semelhante ao estudo, não apresentou diferenças e erros

sistemáticos na predição de 1RM. Apesar disso, equações generalizadas de repetições até a falha (LOMBARDI, 1989; O'CONNOR et al., 1989) e com o mesmo exercício realizado no *Smith machine* (SÁNCHEZ-MEDINA et al., 2013) são válidas e confiáveis.

A literatura científica apresenta estudos que propuseram equações preditoras da carga relativa com resultados confiáveis e válidos para a avaliação do perfil carga-velocidade no exercício agachamento. Abaixo, estão elencados estudos (QUADRO 1) que avaliaram a relação carga-velocidade no agachamento com *Smith machine* e com pesos livres, e as equações preditoras propostas para a predição da carga relativa.

QUADRO 1 – Perfil carga-velocidade do exercício agachamento.

Estudo	Amostra	Exercício	Equipamento	Variável	Resultados	Equações
Pallarés et al., (2014)	17 Homens treinados	Smith machine Agachamento (C)	T-Force	VPM	R ² = 0,95 EPE = 0,06 m/s	VPM = 1,0810·10 ⁻⁵ (%1RM) ² - 0,0102 (%1RM) + 1,416
		Smith machine Agachamento (E-C)				
Conceição et al., (2016)	15 atletas (saltadores e corredores)	Smith machine Meio-agachamento	T-Force	VPM	R ² adj = 0,96	(% 1RM) = -80,372 (VPM) + 125,19
		Smith machine Agachamento profundo				
Bazuelo-Ruiz et al., (2015)	87 Homens 18 Mulheres estudantes de educação física	Smith machine Agachamento	Real Power Pro	VM	R ² adj = 0,58	1RM (kg) = -61,93 + 121,92 (VM) + 1,74 (carga)
Loturco et al., (2016)	64 Homens atletas	Smith machine Agachamento	T-Force	VPM	R ² = 0,96	(% 1RM) = -105,05 (VPM) + 131,75
Sánchez-Medina et al., (2017)	80 Homens atletas	Smith machine Agachamento	T-Force	VPM	R ² = 0,954 EPE = 4,02%	(% 1RM) = -5,961 (VPM) ² - 50,71 (VPM) + 117,0

Perez-Castilla et al., (2020)	20 Homens treinados	<i>Smith machine</i> Agachamento (C)	T-Force	VPM	R ² = 0,920 EPE = 6,12%	(% 1RM) = -117,266 (VPM) + 136,113
					<i>Smith machine</i> Agachamento (E-C)	R ² = 0,949 EPE = 5,34%
Martinez-Cava et al., (2019)	52 Homens treinados em força	<i>Smith machine</i> Meio-agachamento	T-Force	VPM	R ² = 0,92	(% 1RM) = 54,421 (VPM ²) -181,420 (VPM) + 147,79
		<i>Smith machine</i> Agachamento paralelo			R ² = 0,94	(% 1RM) = 24,413 (VPM ²) -133,800 (VPM) + 139,53
		<i>Smith machine</i> Agachamento profundo			R ² = 0,96	(% 1RM) = 4,468 (VPM ²) -96,223 (VPM ²) + 127,51
Thompson et al., (2020)	8 homens 2 mulheres Levantadores de peso	Barra livre Agachamento	GymAware	VM (Linear)	r = 0,96 EPE = 0,09 m/s	VM = -0,012 (%1RM) + 1,531
				VM (Polinomial)	r = 0,96 EPE = 0,09 m/s	VM = -0,000039 (%1RM) ² + (-0,0068 %1RM) + 1,385
Pareja Blanco et al., (2020)	25 homens 25 mulheres treinados	<i>Smith machine</i> Agachamento	T-Force	VPM	Homens R ² = 0,933 EPE = 0,078 m/s	(% 1RM) = - 27,966VPM ² - 39,090 VPM + 113,119
					Mulheres R ² = 0,915 EPE = 0,069 m/s	(% 1RM) = - 42,196 VPM ² - 31,018VPM + 112,937

4 MÉTODOS

4.1 Caracterização do estudo

O estudo apresentado caracteriza-se como uma pesquisa de natureza lógica, do tipo descritiva e de delineamento transversal (THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2012).

4.2 Participantes

A amostra foi composta por 42 participantes, sendo 21 homens (idade: $24,45 \pm 4,35$ anos; altura: $1,77 \pm 0,07$ metros; massa corporal: $80,26 \pm 8,35$ kg; tempo de prática: $3,40 \pm 3,10$ anos) e 21 mulheres (idade: $25,22 \pm 3,06$ anos; altura: $1,64 \pm 0,05$ metros; massa corporal: $64,27 \pm 7,49$ kg; tempo de prática: $3,49 \pm 2,32$ anos). A participação no estudo foi deferida quando os participantes atenderam os pressupostos a seguir: idade entre 18 e 35 anos, mínimo de 1 ano de experiência com TF, familiaridade com o exercício agachamento com pesos livres e não possuir lesão ostemioarticular que pudesse comprometer a realização do exercício. Foram excluídos do estudo aqueles participantes que abandonaram as avaliações, ou que foram acometidos de alguma lesão ostemioarticular que impossibilitou a continuação das avaliações. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) conforme a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba nº 4.676.454.

4.3 Delineamento do estudo

O presente estudo teve como objetivo avaliar a acurácia da velocidade de deslocamento da barra para estimar a carga relativa no exercício agachamento com pesos livres, utilizando um *encoder* linear. Os participantes compareceram à sala de avaliação em dias não consecutivos (~72 horas de intervalo) e, durante o primeiro dia de avaliação, foi realizada a familiarização do estudo. Inicialmente, os participantes realizaram um aquecimento padronizado, que incluiu uma corrida leve de cinco minutos e uma série de 8 repetições com 30kg (20 kg barra + 10 kg de anilha) no agachamento com pesos livres. Posteriormente, foram realizadas 2 séries no

agachamento, na primeira série foram executadas 8 repetições com carga pré-definida de 30 kg para mulheres e 50 kg para os homens, enquanto, na segunda série, 6 repetições com 50 kg para as mulheres e 70 kg para os homens. Quando necessário, uma série extra para familiarização foi solicitada para ajuste dos procedimentos da coleta (e.g. técnica do movimento, execução na máxima velocidade) e um pesquisador com experiência no protocolo do estudo analisou a técnica do movimento durante os dias de avaliações. Os participantes foram orientados a manter a rotina de atividades, a quantidade de horas de sono e a evitar qualquer atividade física extenuante durante as 24 horas anteriores aos dias do protocolo experimental. A posição dos pés e a amplitude do movimento foram registradas durante a sessão de familiarização e mantidas na sessão seguinte. O dia e horário das avaliações permaneceram constantes para cada participante.

4.4 Variáveis do estudo

4.4.1 Carga de 1 repetição máxima

O teste incremental no agachamento com pesos livre foi realizado a fim de determinar a relação carga-velocidade de cada participante os quais realizaram o mesmo aquecimento da sessão de familiarização e, neste momento, foi estabelecida a amplitude de movimento por meio de um elástico e de duas hastes posicionadas atrás do participante. Além disso, o posicionamento dos pés e das mãos na barra foi padronizado em cada repetição e, após o aquecimento, foi estabelecido o intervalo de recuperação com duração de 2 minutos para o início do teste incremental. A carga inicial para o teste foi padronizada em 30 kg para homens e em 20kg para as mulheres, na sequência, foram realizadas 3 repetições com a carga inicial e os incrementos de carga foram realizados a partir da velocidade do movimento. Em velocidades $>0,8$ m/s, foram incrementados 20 kg para os homens e 10 kg para as mulheres e realizadas 3 repetições com recuperação de 2 minutos entre os incrementos. Após alcançar velocidades $<0,8$ m/s, os incrementos foram de 10 kg para os homens e de 5 kg para as mulheres e foram desempenhadas 2 repetições com recuperação de 3 minutos. Para velocidades abaixo de 0,5 m/s, os incrementos foram de 7 a 1 kg até atingir a carga de 1RM e apenas 1 repetição foi realizada com o intervalo de recuperação de 4 minutos (DE HOYO et al., 2021). Os participantes foram orientados a realizar o agachamento, partindo da posição ereta, com os joelhos

e os quadris totalmente estendidos, com os pés afastados aproximadamente na largura dos ombros e levemente abduzidos (máximo 15°), com a barra apoiada sobre o trapézio na altura do acrômio e com as mãos segurando a barra em uma largura confortável. A partir da posição inicial, o participante realizou a fase excêntrica do movimento de forma controlada até a amplitude determinada, logo em seguida ocorreu uma pausa de $\sim 1,5$ segundos entre a fase excêntrica e concêntrica com o objetivo de diminuir a contribuição da energia elástica durante o movimento concêntrico e obter maior acurácia na medida de velocidade do movimento (PALLARÉS et al., 2014). Os participantes foram orientados, pelo mesmo pesquisador, a realizar a fase concêntrica do movimento com máximo esforço possível e a manter sempre a barra sobre o trapézio. A flexão plantar foi permitida para cargas leves-moderadas, mas não foi permitido perder contato com o solo (e.x., saltar). Os participantes receberam *feedback* da velocidade e incentivo verbal para exercer seu esforço máximo.

A velocidade propulsiva média, definida como a fase em que a aceleração do movimento é maior que a aceleração da gravidade ($-9,81 \text{ m/s}^2$), foi obtida por meio do *encoder* linear (*Speed4Lift*®, Madrid, Espanha) e um cabo extensor conectado à barra posicionado à direita do participante. Esse equipamento apresentou validade e alta acurácia para a medida de VPM no agachamento (CCI = 0,99; IC95% = 0,999 – 0,999 e CV% = 1,24) (MARTÍNEZ-CAVA et al., 2020b). Os dados foram registrados pela diferenciação do deslocamento e do tempo a partir do aplicativo *Speed4Lift* v.4. 1. A taxa de amostragem do dispositivo é de 100 Hz.

4.4.2 Equações generalizadas

Foi testada a acurácia da equação generalizada proposta por Pareja-Blanco, Walker e Häkkinen (2020), que estima a carga relativa (%) de 1RM de homens e mulheres no agachamento. As equações e seus respectivos coeficientes e erros de estimativa estão apresentados abaixo (TABELA 1). O nosso estudo selecionou a velocidade de duas cargas relativas reais, não extrapolada, ~ 80 e ~ 50 % de 1RM, e esses valores foram empregados na equação generalizada de Pareja-Blanco, Walker e Häkkinen (2020) e na equação geral advinda do presente estudo. Após determinar as cargas relativas de 1RM dos pontos selecionados, foi utilizada a seguinte equação

para estimar a carga de 1RM (kg): $1RM = (carga \times 100) / \%1RM$ (GARCÍA-RAMOS et al., 2018a).

TABELA 1 – Equações generalizadas e resultados de coeficiente de determinação e erro padrão de estimativa.

Autor	Equações generalizadas	Resultados
Pareja-Blanco et al., (2020):	H: Carga (%1RM) = - 27,966 VPM ² - 39,090 VPM + 113,119	(R ² = 0,92; EPE = 5,99%)
	M: Carga (%1RM) = - 42,196 VPM ² - 31,018 VPM + 112,937	(R ² = 0,91; EPE = 5,68%)

Legenda: H = homens; M = mulheres; 1RM = uma repetição máxima; VPM = velocidade propulsiva média; EPE = erro padrão da estimativa.

4.5 Análise estatística

Os dados foram apresentados em média, desvio padrão e intervalo de confiança (IC95%) e adicionalmente foi calculado o coeficiente de variação (CV% = [desvio padrão/média] *100). As regressões linear e polinomial de segunda-ordem foram utilizadas para avaliar a relação entre a carga relativa de 1RM (%) e a velocidade propulsiva média de homens e mulheres, estabelecendo, assim, o coeficiente de determinação (R²) e erro padrão da estimativa (EPE). Foi adotado o teste t independente para identificar as diferenças entre a velocidade propulsiva média de homens e mulheres. As diferenças absolutas dos valores de 1RM (kg) reais e preditos, através da equação geral e de Pareja-Blanco, Walker e Häkkinen (2020), foram comparadas por meio do teste ANOVA de medidas repetidas e do *post hoc* de Bonferroni. A concordância entre o 1RM real e o predito foi testada pelo coeficiente de correlação intra-classe (CCI) (KOO; LI, 2016) e classificado baseado na seguinte escala: valores <0,5 (ruim); 0,5 ≥ e ≤0,75 (moderada); 0,75 ≥ e ≤0,90 (boa) e > 0,90 (excelente), Bland–Altman, os limites de concordâncias (LC95% = Viés ± 1,96*DP) (BLAND; ALTMAN, 1986) e o coeficiente de determinação (r²). O tamanho do efeito de Cohen foi calculado e interpretado através da seguinte escala: 0,2 (pequeno), 0,5 (moderado), e 0,8 (grande). Os dados foram analisados através do software *SPSS IBM Corporation*® versão 26 (Nova Iorque, EUA) e *Graphpad PRISMA*® versão 8 (California, EUA).

5 RESULTADOS

A carga de 1RM mensurada a partir do teste incremental foi de $85,29 \pm 12,91$ kg para as mulheres e de $121,67 \pm 14,49$ kg para os homens e a carga normalizada pela massa corporal foi de $1,37 \pm 0,27$ kg/kg e de $1,48 \pm 0,12$ kg/kg para mulheres e homens respectivamente. A relação carga-velocidade no exercício agachamento com pesos livres para homens e para mulheres, obtida pelos modelos de regressão linear e polinomial de segunda-ordem, estão apresentadas na Figura 1. Os resultados indicaram uma relação forte e inversa entre a VPM e %1RM a qual apresentou elevado coeficiente de determinação e erros de estimativa moderados para ambos os sexos (mulheres - 5,95%; homens = 5,53%). Não houve diferença significativa entre homens e mulheres para a inclinação (Mulheres: $0,037247 \pm 0,22$; Homens: $-0,011123 \pm 0,00$; $p = 0,32$); porém houve diferenças para intercepto-y (Mulheres: $1,231347 \pm 0,32$; Homens: $1,411216 \pm 0,11$; $p = 0,02$).

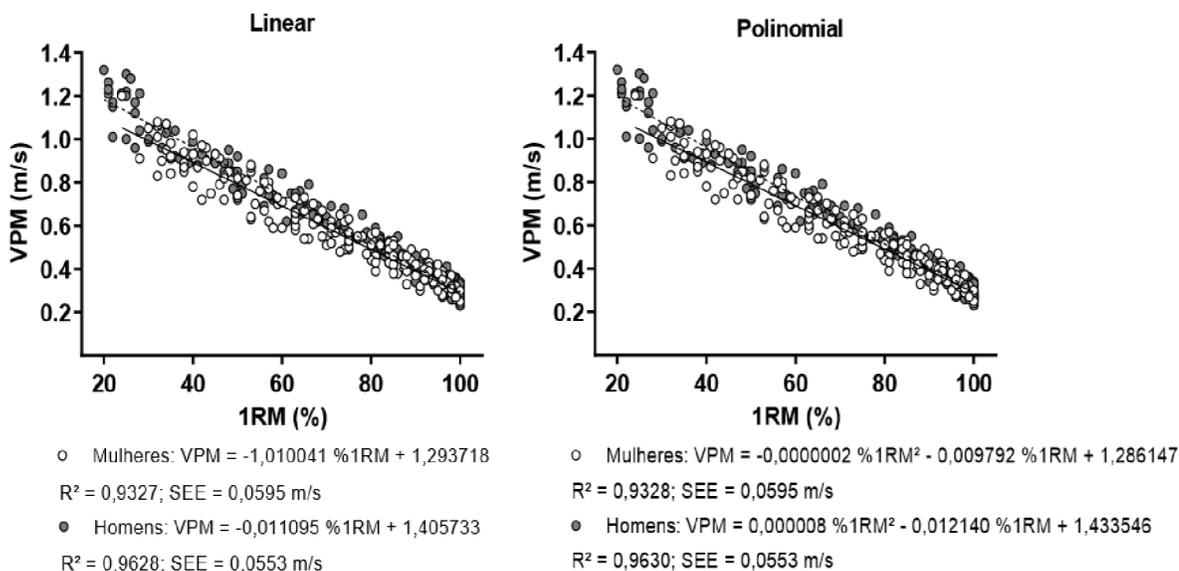


FIGURA 1 – Relação entre a carga de 1RM (%) e VPM de homens e mulheres. Os pontos brancos e a linha reta representam os dados das mulheres. Os pontos cinzas e a linha tracejada representam os dados de homens.

Os valores descritivos de 1RM real (kg) e de 1RM preditos (kg) pelas equações generalizadas [geral e Pareja-Blanco et al., (2020)] de homens e mulheres estão apresentados na Tabela 2 na qual é possível visualizar as diferenças significativas entre o 1RM predito e real de homens [$F_{(1,36; 27,2)} = 41,36$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,67$] e mulheres [$F_{(1,36; 27,3)} = 32,35$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,62$]. Especificamente, a equação generalizada de Pareja-Blanco et al., (2020) utilizando a velocidade relativa de ~50% e ~80% de 1RM, apresentou diferenças significativas quando comparado ao 1RM real

de homens ($p < 0,001$) e mulheres ($p < 0,001$). A Figura 2 apresenta as diferenças absolutas entre 1RM real e predito de homens e mulheres. As maiores diferenças absolutas identificadas foram para equações generalizadas, preditos a partir da velocidade da carga de ~50% de 1RM.

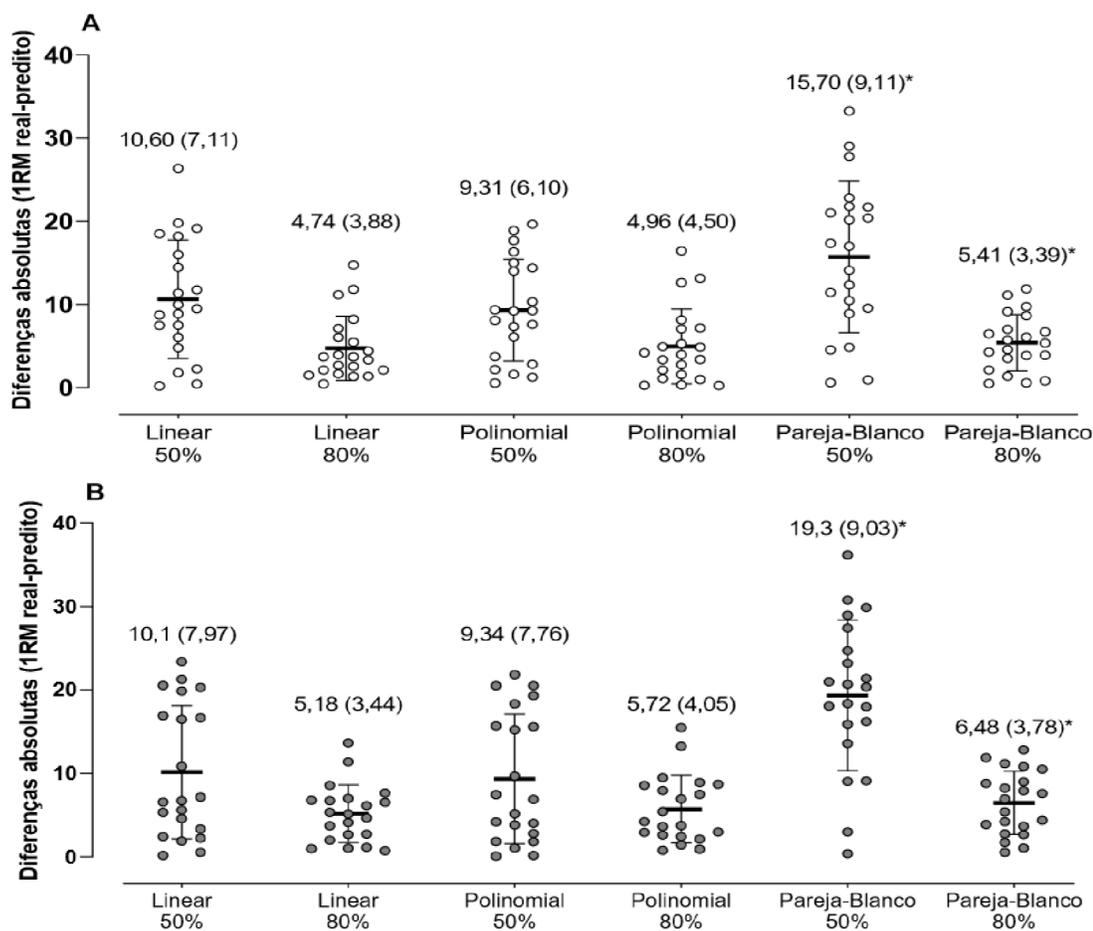


FIGURA 2 – Diferenças absolutas entre a carga real e a predita de 1RM (kg), através das equações generalizadas para homens (A) e mulheres (B). * = diferença significativa ($p < 0,05$) entre 1RM predito versus atual.

As Figuras 3 e 4 apresentam as análises de Bland-Altman e os resultados de concordância entre o 1RM predito e real de homens e mulheres respectivamente. Acerca dos homens, os resultados exibiram baixos valores de viés sistemático nas equações gerais lineares e polinomiais (intervalo: -0,229 – 3,088 kg) e, igualmente, acerca das mulheres, foram apresentados baixos valores de viés sistemático nas equações gerais lineares e polinomiais (intervalo: -1,628 – 3,068 kg). Os resultados de heteroscedasticidade de homens foram significantes para a equação geral linear ($r^2 = 0,36$; $p = 0,004$) e polinomial ($r^2 = 0,34$; $p = 0,005$) a partir da VPM de ~50% de 1RM. Para as mulheres, foi identificada diferença para a equação geral linear de ~50%

de 1RM ($r^2 = 0,20$; $p = 0,04$). As outras equações não apresentaram heteroscedasticidade ($p > 0,05$).

TABELA 2 – Valores descritivos de 1RM real e predito, a partir das equações generalizadas de homens e mulheres no agachamento com pesos livres.

Variáveis	Mulheres		Homens	
	Média (DP)	IC95%	Média (DP)	IC95%
1RM real	85,29 (12,91)	79,41 – 91,16	121,67 (14,49)	115,07 – 128,26
Linear VPM (~50%)	85,34 (18,43)	76,95 – 93,73	121,44 (22,01)	111,42 – 131,46
Linear VPM (~80%)	87,14 (15,87)	79,91 – 94,36	123,18 (15,37)	116,19 – 130,18
Polinomial VPM (~50%)	83,66 (16,61)	76,10 – 91,22	121,69 (21,37)	111,96 – 131,42
Polinomial VPM (~80%)	88,35 (16,04)	81,05 – 95,66	124,75 (15,67)	117,62 – 131,89
Pareja-Blanco et al., (2020) VPM (~50%)	69,56 (13,30) *	63,51 – 66,62	102,32 (17,16) *	94,51 – 110,13
Pareja-Blanco et al., (2020) VPM (~80%)	79,93 (13,45) *	73,81 – 86,05	115,69 (13,81) *	109,40 – 121,97

Legenda: VPM = velocidade propulsiva média; RM = repetição máxima; IC = intervalo de confiança de 95%; CV = coeficiente de variação. * = diferença significativa ($p < 0,05$) entre 1RM predito versus atual.

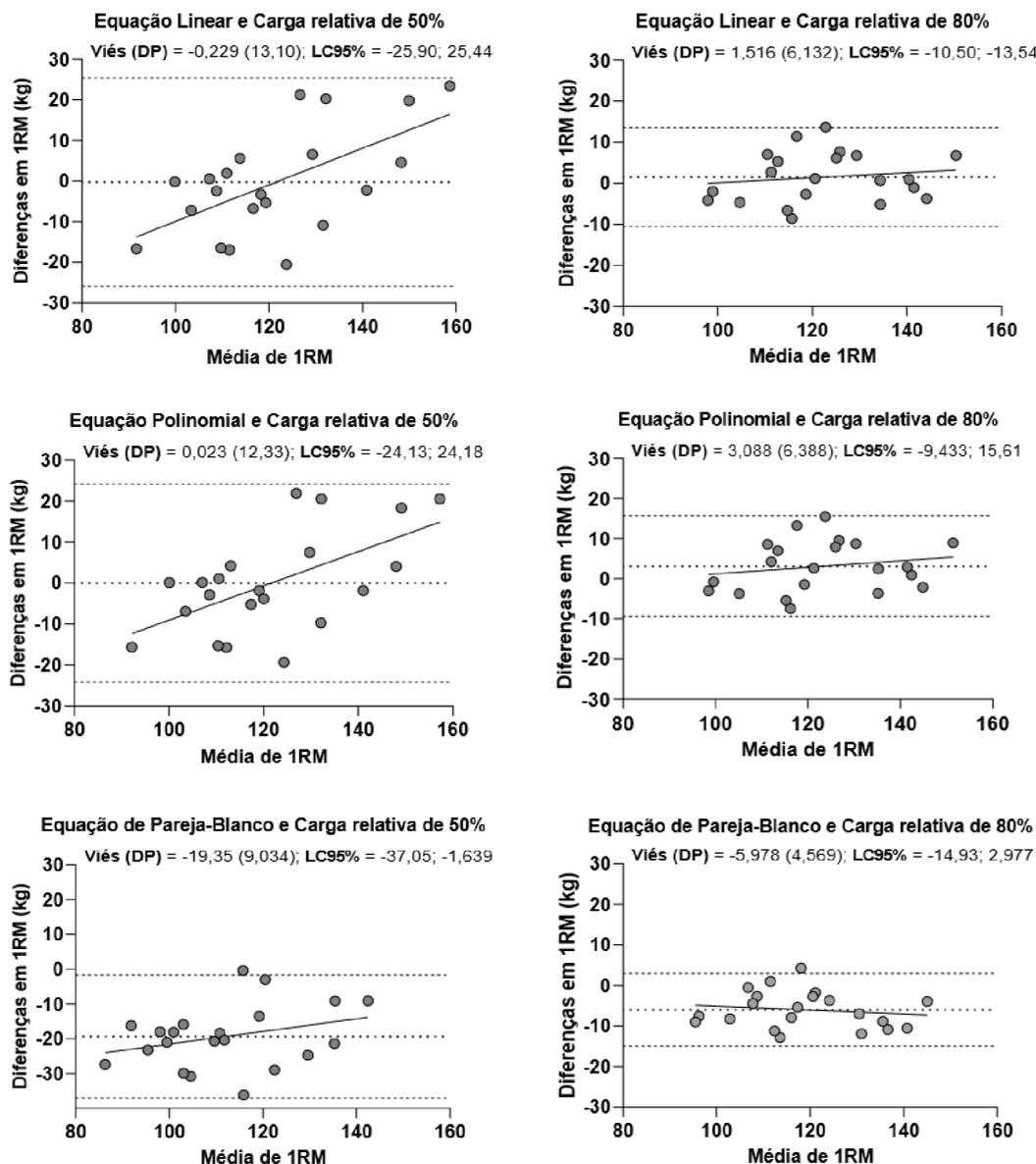


FIGURA 3 – Diagrama de Bland–Altman entre os valores reais e preditos de 1RM (kg) para os homens obtidos pelas equações lineares (painéis superiores), polinomiais (painéis do meio) e da equação proposta por Pareja-Blanco et al. (2020) (painéis inferiores). As linhas tracejadas indicam os limites de concordância inferior e superior (LC95%), a linha pontilhada indica o viés sistemático e a linha sólida representa a linha de regressão linear (r^2).

Os resultados de concordância entre o 1RM real e predito de homens em equação lineares gerais foram de excelente a bom (50% 1RM: CCI = 0,865; IC95% = 0,664 – 0,945; 80% 1RM: CCI = 0,955; IC95% = 0,892 – 0,982) e isso se deu do mesmo modo para as equações polinomiais gerais (50% 1RM: CCI = 0,877; IC95% = 0,694 – 0,950; 80% 1RM: CCI = 0,945; IC95% = 0,849 – 0,979). A equação generalizada de

Pareja-Blanco et al., (2020) apresentou concordância de ruim a excelente (50% 1RM: CCI = 0,652; IC95% = -0,173 – 0,904; 80%1RM: CCI = 0,932; IC95% = 0,226 – 0,983).

Com relação às mulheres, a concordância foi boa para equação polinomial e linear de ~50% de 1RM (CCI = 0,839; IC95% = 0,604 – 0,934; CCI = 0,807; IC95% = 0,518 – 0,922, respectivamente) e foi excelente para as equações polinomial e linear de ~80% de 1RM (CCI = 0,946; IC95% = 0,848 – 0,979; CCI = 0,954; IC95% = 0,888 – 0,981, respectivamente). Similarmente aos homens, as equações de Pareja-Blanco et al., (2020) apresentaram concordâncias ruins a excelentes (50% 1RM: CCI = 0,615; IC95% = -0,225 – 0,883; 80%1RM: CCI = 0,944; IC95% = 0,121 – 0,987).

Os dados descritivos de velocidade propulsiva média relacionadas à carga relativa de 1RM estão apresentados a partir de 30% até 100% de 1RM para homens e mulheres na TABELA 2. Os valores de velocidade propulsiva média relacionados às cargas abaixo de 90% de 1RM apresentaram diferenças significativas entre homens e mulheres ($p = 0,008 - 0,03$; TE = 0,67 – 1,07). No geral, os valores de VPM apresentaram valores moderados de variação interindividual (>5% e <10%) para mulheres e homens. As equações polinomiais e lineares apresentaram alta capacidade de explicação e baixo erros de estimativa e as equações gerais de homens e mulheres estão apresentadas abaixo.

Mulheres:

$$Carga (\%) = 17,999 VPM^2 - 115,126 VPM + 130,975; R^2 = 0,934; EPE = 5,684 \%$$

$$Carga (\%) = -92,892 VPM + 0,933; R^2 = 0,932; EPE = 5,743\%$$

Homens:

$$Carga (\%) = 13,428 VPM^2 - 105,796 VPM + 130,172; R^2 = 0,964; EPE = 4,793\%$$

$$Carga (\%) = -86,779 VPM + 124,67; R^2 = 0,963; EPE = 4,904\%$$

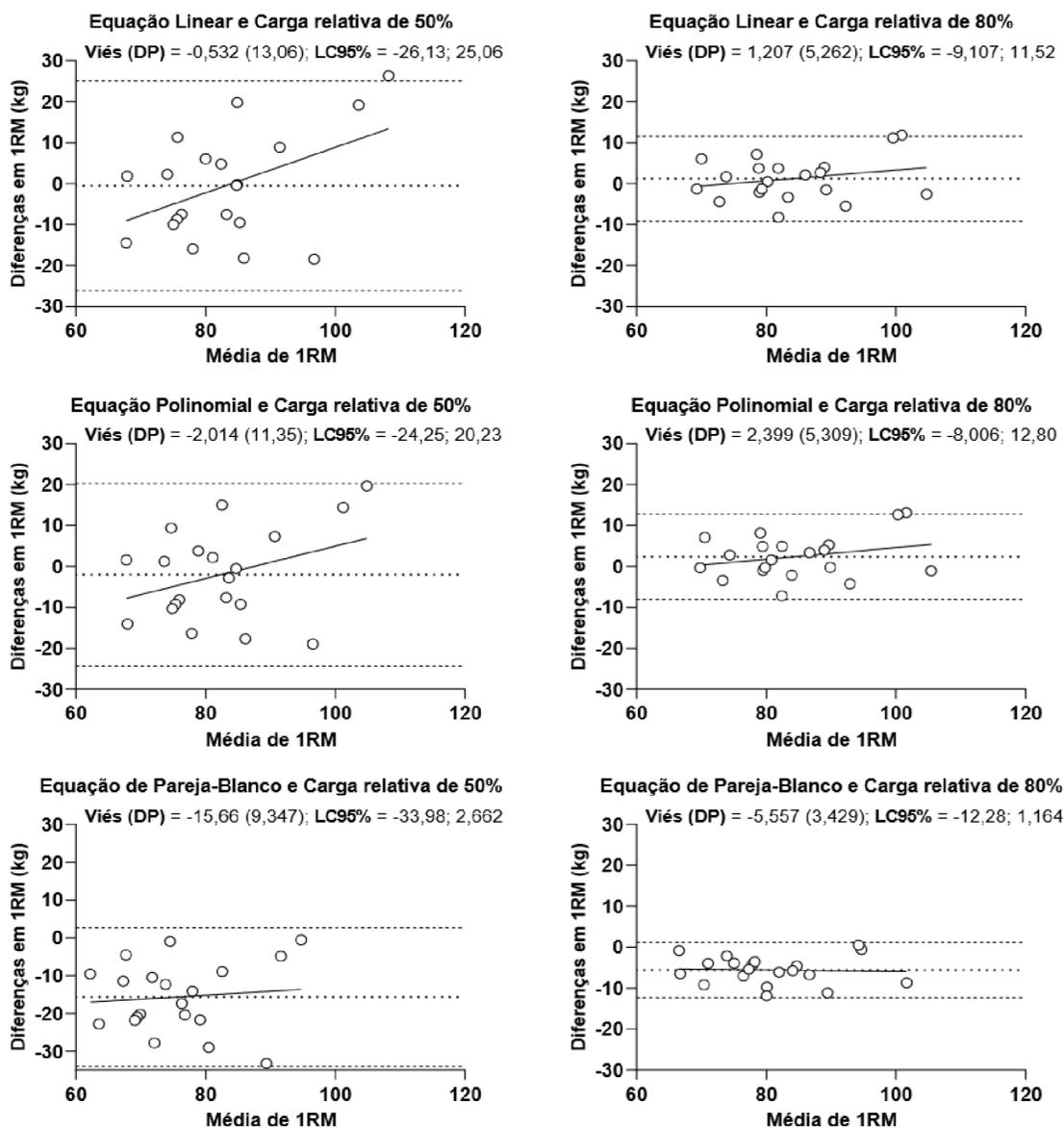


FIGURA 4 – Diagrama de Bland–Altman entre os valores reais e preditos de 1RM (kg) para as mulheres obtidos pelas equações lineares (painéis superiores), polinomiais (painéis do meio) e pela equação proposta por Pareja-Blanco et al. (2020) (painéis inferiores). As linhas tracejadas indicam os limites de concordância inferior e superior (LC95%), a linha pontilhada indica o viés sistemático e a linha sólida representa a linha de regressão linear (r^2).

TABELA 3 – Dados descritivos da relação carga-velocidade estimados a partir da equação polinomial geral no agachamento com pesos livres para homens e mulheres.

% 1RM	Mulheres				Homens				p	TE	
	VPM (m/s)	IC 95%	CV%	VPM (m/s)	IC 95%	CV%	VPM (m/s)	IC 95%			CV%
30	1,00 ± 0,10	0,95 – 1,04	9,93	1,08 ± 0,08	1,04 – 1,12	7,70	1,08 ± 0,08	1,04 – 1,12	7,70	0,006	0,88
35	0,94 ± 0,09	0,90 – 0,99	9,79	1,02 ± 0,08	0,99 – 1,06	7,63	1,02 ± 0,08	0,99 – 1,06	7,63	0,006	0,94
40	0,89 ± 0,09	0,85 – 0,93	9,64	0,97 ± 0,07	0,93 – 1,00	7,56	0,97 ± 0,07	0,93 – 1,00	7,56	0,005	0,99
45	0,84 ± 0,08	0,81 – 0,88	9,47	0,91 ± 0,07	0,88 – 0,94	7,48	0,91 ± 0,07	0,88 – 0,94	7,48	0,005	0,93
50	0,79 ± 0,07	0,76 – 0,83	9,27	0,86 ± 0,06	0,83 – 0,88	7,41	0,86 ± 0,06	0,83 – 0,88	7,41	0,006	1,07
55	0,74 ± 0,07	0,71 – 0,77	9,07	0,80 ± 0,06	0,77 – 0,83	7,34	0,80 ± 0,06	0,77 – 0,83	7,34	0,005	0,92
60	0,69 ± 0,06	0,66 – 0,72	8,86	0,74 ± 0,05	0,72 – 0,77	7,27	0,74 ± 0,05	0,72 – 0,77	7,27	0,005	0,90
65	0,64 ± 0,06	0,62 – 0,67	8,64	0,69 ± 0,05	0,67 – 0,71	7,22	0,69 ± 0,05	0,67 – 0,71	7,22	0,005	0,90
70	0,59 ± 0,05	0,57 – 0,61	8,42	0,63 ± 0,05	0,61 – 0,65	7,19	0,63 ± 0,05	0,61 – 0,65	7,19	0,007	0,80
75	0,54 ± 0,04	0,52 – 0,56	8,18	0,58 ± 0,04	0,56 – 0,60	7,20	0,58 ± 0,04	0,56 – 0,60	7,20	0,008	1,00
80	0,49 ± 0,04	0,47 – 0,51	7,99	0,52 ± 0,04	0,50 – 0,54	7,27	0,52 ± 0,04	0,50 – 0,54	7,27	0,01	0,75
85	0,44 ± 0,03	0,42 – 0,45	7,87	0,47 ± 0,03	0,45 – 0,48	7,46	0,47 ± 0,03	0,45 – 0,48	7,46	0,01	1,00
90	0,39 ± 0,03	0,37 – 0,40	7,93	0,41 ± 0,03	0,40 – 0,42	7,84	0,41 ± 0,03	0,40 – 0,42	7,84	0,03	0,67
95	0,34 ± 0,03	0,32 – 0,35	8,36	0,35 ± 0,03	0,34 – 0,37	8,54	0,35 ± 0,03	0,34 – 0,37	8,54	0,06	0,33
100	0,29 ± 0,03	0,27 – 0,30	9,41	0,30 ± 0,03	0,29 – 0,31	9,80	0,30 ± 0,03	0,29 – 0,31	9,80	0,17	0,33

Legenda: VPM = velocidade propulsiva média; RM = repetição máxima; IC = intervalo de confiança de 95%; CV = coeficiente de variação. Diferença significativa adotada: $p \leq 0,05$.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo determinar a acurácia de equações generalizadas linear, polinomial, e proposta por Pareja-Blanco et al., (2020) para estimar a carga relativa no agachamento com pesos livres de homens e mulheres. Os principais achados do presente estudo foram: 1) a velocidade da barra (VPM) e a %1RM apresentou relação forte e inversa no exercício agachamento com pesos livres em ambos os sexos; 2) A relação carga-velocidade foi sexo-dependente, dado que os homens empregaram maior VPM em todas as %1RM submáximas (30-90% 1RM) quando comparados às mulheres; 3) O 1RM predito a partir da equação geral linear e polinomial com a velocidade relativa a carga de ~80% de 1 RM apresentou menor viés sistemático em comparação a velocidade de ~50% de 1RM; 4) A equação generalizada proposta por Pareja-Blanco et al. (2020) subestimou o 1RM de ambos os sexos, e apresentou viés sistemático de aproximadamente 5%.

Uma relação forte e inversa foi identificada entre a velocidade propulsiva média no agachamento com pesos livres e a carga (%) para homens e mulheres. Os resultados do presente estudo apresentaram baixo erro de estimativa e excelente capacidade de predição do modelo (H: $R^2 = 0,963$; M: $R^2 = 0,933$) e esses mesmos resultados foram identificados para o agachamento no *Smith machine* para homens ($R^2 = 0,933$; EPE = 0,078 m/s) e mulheres ($R^2 = 0,915$; EPE = 0,060 m/s) (PAREJA-BLANCO; WALKER; HÄKKINEN, 2020). No mesmo sentido, foi observada uma relação forte e inversa (linear: $r = 0,96$; EPE = 0,09 m/s; polinomial: $r = 0,96$; EPE = 0,09 m/s) no agachamento com pesos livres realizado por levantadores de pesos (THOMPSON et al., 2020). Portanto, os resultados do presente estudo somam-se às evidências da literatura, que a velocidade do movimento (VPM) pode ser utilizada para estimar com precisão a carga relativa (% 1RM), por meio de um modelo de regressão linear e polinomial independente do sexo.

As equações gerais linear e polinomial forneceram uma estimativa acurada da carga relativa no exercício de agachamento com pesos livres para ambos os sexos. Contudo, os homens e mulheres apresentaram perfis carga-velocidade distintos ($p = 0,005 - 0,03$; TE = 0,67 - 1,07). Especificamente, os homens desempenharam velocidades maiores em cargas relativas entre 30-90% de 1RM, quando comparados às mulheres e esses resultados foram semelhantes em diferentes exercícios como, por exemplo, no desenvolvimento de ombros sentado, no supino, e no agachamento

no *Smith machine* (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ; GARCÍA-RAMOS; JIMÉNEZ-REYES, 2018; GARCÍA-RAMOS; SUZOVIC; PÉREZ-CASTILLA, 2019; PAREJA-BLANCO; WALKER; HÄKKINEN, 2020). Uma hipótese para esse resultado é a maior quantidade de fibras do tipo I em mulheres, quando comparadas a homens (STARON et al., 2000), que, teoricamente, poderia influenciar na aplicação de força em um movimento realizado com maior velocidade (CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2011). Outra hipótese levantada salienta que as mulheres apresentam um déficit de produção de força, em comparação aos homens (PAREJA-BLANCO; WALKER; HÄKKINEN, 2020). Contudo, em cargas altas ($\geq 95\%$ de 1RM) a velocidade não difere entre os sexos (mulheres: VPM = $0,29 \pm 0,03$ m/s; homens: VPM = $0,30 \pm 0,03$ m/s; $p = 0,17$). Esses achados são semelhantes ao estudo prévio que comparou a relação carga-velocidade entre os sexos, realizando o agachamento no *Smith machine* (PAREJA-BLANCO; WALKER; HÄKKINEN, 2020). Por fim, futuros estudos devem ser realizados com o objetivo de explicar os fatores relacionados a estes resultados.

O presente estudo não apresentou diferenças significativas entre o 1RM real e o predito a partir da velocidade relativa à $\sim 80\%$ e $\sim 50\%$ de 1RM em equações gerais lineares e polinomiais para ambos os sexos. Adicionalmente, o 1RM predito por meio das equações generalizadas de Pareja-Blanco et al., (2020) apresentou diferenças significativas no valor real de 1RM, que subestimou o valor de 1 RM no agachamento com pesos livres de homens e mulheres. Quando analisadas as diferenças absolutas, a predição do 1RM a partir da baixa VPM ($\sim 80\%$ de 1RM) foi mais favorável em comparação à alta VPM ($\sim 50\%$ de 1RM) para todas as equações. Estes achados foram semelhantes ao estudo de García-Ramos et al., (2018a) no supino que apontou diferenças absolutas entre a carga de 1RM real e predita, sendo superiores em altas velocidades ($\approx 46\%$ de 1RM). Dessa forma, é indicada a utilização da velocidade relacionada às cargas de $\sim 80\%$ de 1RM em equações para predizer o 1RM.

Os resultados de concordância entre o 1RM real e predito foram favoráveis para equações que utilizaram cargas de $\sim 80\%$ de 1RM. Apesar do baixo índice de viés sistemático apresentado em equações preditas a partir da VPM de $\sim 50\%$ de 1RM de homens e mulheres, os limites de concordância foram elevados, demonstrando que a velocidade relacionada a carga de 50% de 1RM é bastante individual e que generalizações entre os indivíduos não devem ser realizadas. A equação de Pareja-Blanco et al., (2020) apresentou grande variação na concordância entre o 1RM real e predito (50%: IC95% = $-0,225 - 0,883$; 80%: IC95% = $0,121 - 0,987$) e, por isso,

alguns fatores devem ser levados em consideração para explicar essas diferenças. Primeiramente, a diferença entre o exercício do presente estudo e a equação proposta. O estudo de Garcia-Ramos et al., (2019) identificou que, além das equações individualizadas, apenas a equação generalizada proposta com o exercício supino semelhante ao estudo (pesos livres) não apresentou diferenças e erros sistemáticos para a predição de 1RM. No entanto, a equação proposta para o mesmo exercício realizado no *Smith machine* foi indicada como válida e confiável. Segundamente, o dispositivo do presente estudo difere do utilizado por Pareja-Blanco e colaboradores (2020) (*Speed4lift vs. T-force*), conseqüentemente, esses dispositivos apresentam erros de mensuração específicos (PÉREZ-CASTILLA et al., 2019) o que pode explicar as diferenças no 1RM e nos erros sistemáticos apresentados no presente estudo. Por fim, futuros estudos e profissionais que pretendem analisar equações generalizadas devem levar em consideração o exercício, o equipamento e a especificidade do sexo, a fim de diminuir os erros de predição.

O presente estudo utilizou equações lineares e polinomiais e seus resultados demonstraram semelhanças nos coeficientes de determinação e nos erros padrão de estimativa para os homens e mulheres. Por outro lado, as equações lineares são favoráveis por apresentar menor diferença na predição de 1RM e baixo viés sistemático para ambos os sexos, além disso proporcionam fácil aplicabilidade e resultados confiáveis (PESTAÑA-MELERO et al., 2018; THOMPSON et al., 2020), dessa forma sua utilização é recomendada.

Assim como todas pesquisas, o presente estudo apresenta limitações que devem ser consideradas para futuras investigações que almejam avaliar a acurácia de equações generalizadas. O presente estudo não avaliou a reprodutibilidade das medidas de velocidade entre os indivíduos. Além disso, a nossa amostra é de indivíduos praticantes de treinamento de força, o que dificulta a extrapolação desses resultados para indivíduos com elevada experiência em treinamento de força (e.x., atletas, levantadores de peso, etc.). Apesar de não ter apresentado erros de medidas elevados, e da estabilidade da medida de velocidade, é visto que a familiarização com o treinamento baseado na velocidade é essencial para um resultado mais confiável. Contudo, o fato dos nossos resultados apresentarem baixos erros sistemáticos e altos coeficientes de determinação podem ser considerados. De fato, é necessário à

validação-cruzada, utilizando os mesmos parâmetros do presente estudo para resultados mais acurados.

7 CONCLUSÃO

Concluimos que existe uma relação forte e inversa entre a carga relativa e a velocidade da barra (VPM) para homens e mulheres no exercício agachamento com pesos livres. A relação carga-velocidade foi sexo-dependente, pois os homens desempenharam maior velocidade em cargas <95% de 1RM em comparação às mulheres, porém não foram identificadas diferenças para as velocidades $\geq 95\%$ de 1RM. A predição da carga relativa a partir da velocidade relativa a $\sim 80\%$ de 1RM deve ser preferencialmente utilizada em equações generalizadas, em virtude de apresentar menor viés sistemático para ambos os sexos. As equações generalizadas devem ser utilizadas com cautela, levando sempre em consideração o exercício, o dispositivo e o sexo dos praticantes de TF. Os presentes achados colaboram com informações adicionais sobre a relação carga-velocidade para o sexo feminino e as novas equações generalizadas que devem ser validadas para outras amostras da mesma população.

As implicações práticas dos resultados do presente estudo são relacionadas a prescrição e monitoramento do exercício agachamento com pesos livres para homens e mulheres. A utilização de equações generalizadas pode ser favorável, contudo deve ser levado em consideração aspectos relacionados a escolha da equação, sendo eles o tipo de exercício, a técnica do movimento, o equipamento e o público relacionado a equação. Além disso, quando utilizadas equações generalizadas pode ser utilizada a mensuração da velocidade a partir de cargas submáximas (80% de 1RM). Por fim, os valores normativos de velocidade, podem auxiliar treinadores no monitoramento e ajustes de carga durante as sessões de treinamento.

8 REFERÊNCIAS

APPLEBY, B. B. et al. Validity and Reliability of Methods to Determine Barbell Displacement in Heavy Back Squats: Implications for Velocity-Based Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 11, p. 3118–3123, nov. 2020.

ASKOW, A. T. et al. Effect of Strength on Velocity and Power During Back Squat Exercise in Resistance-Trained Men and Women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 1, p. 1–7, jan. 2019.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; CARDIEL-GARCÍA, M.; JIMÉNEZ, S. L. Bilateral and unilateral load-velocity profiling in a machine-based, single-joint, lower body exercise. **PLOS ONE**, v. 14, n. 9, p. e0222632, 16 set. 2019.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; GARCÍA-RAMOS, A.; JIMÉNEZ-REYES, P. Load-velocity profiling in the military press exercise: Effects of gender and training. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v. 13, n. 5, p. 743–750, out. 2018.

BANYARD, H. G. et al. The reliability of individualized load–velocity profiles. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 6, p. 763–769, 1 jul. 2018.

BANYARD, H. G. et al. Comparison of the effects of velocity-based training methods and traditional 1rm-percent-based training prescription on acute kinetic and kinematic variables. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 14, n. 2, p. 246–255, fev. 2019.

BAZUELO-RUIZ, B. et al. Predicting maximal dynamic strength from the load-velocity relationship in squat exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 7, p. 1999–2005, jul. 2015.

BIRD, S. P.; TARPENNING, K. M.; MARINO, F. E. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: A review of the acute programme variables. **Sports Medicine**, v. 35, n. 10, p. 841–851, 2005.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet (London, England)**, v. 1, n. 8476, p. 307–310, 8 fev. 1986.

BRZYCKI, M. Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. **Journal of Physical Education, Recreation & Dance**, v. 64, n. 1, p. 88–90, jan. 1993.

BUCKNER, S. L. et al. Determining Strength: A Case for Multiple Methods of Measurement. **Sports Medicine**, v. 47, n. 2, p. 193–195, fev. 2017.

CONCEIÇÃO, F. et al. Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 12, p. 1099–1106, 17 jun. 2016.

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Changes in the eccentric phase contribute to improved stretch-shorten cycle performance after training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 9, p. 1731–1744, set. 2010.

- CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Developing Maximal Neuromuscular Power: Part 1 – Biological Basis of Maximal Power Production. **Sports Medicine**, v. 41, n. 1, p. 17–38, jan. 2011.
- CRONIN, J. B.; MCNAIR, P. J.; MARSHALL, R. N. Magnitude and decay of stretch-induced enhancement of power output. **European Journal of Applied Physiology**, v. 84, n. 6, p. 575–581, 1 jun. 2001.
- CRONIN, J. B.; MCNAIR, P. J.; MARSHALL, R. N. Force-velocity analysis of strength-training techniques and load: implications for training strategy and research. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 1, p. 148–155, fev. 2003.
- DE HOYO, M. et al. Predicting Loading Intensity Measuring Velocity in Barbell Hip Thrust Exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 35, n. 8, p. 2075–2081, ago. 2021.
- DORRELL, H. F.; SMITH, M. F.; GEE, T. I. Comparison of velocity-based and traditional percentage-based loading methods on maximal strength and power adaptations. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 1, p. 46–53, jan. 2020.
- ELSWORTHY, N. et al. Validity and reliability of using load-velocity relationship profiles to establish back squat 1 m·s⁻¹ load. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 35, n. 2, p. 340–346, fev. 2021.
- ESCAMILLA, R. F. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 1, p. 127–141, jan. 2001.
- FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Designing resistance training programs**. [s.l.] Human Kinetics, 1997.
- FRY, A. C. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations: **Sports Medicine**, v. 34, n. 10, p. 663–679, 2004.
- GARCÍA-RAMOS, A. et al. Feasibility of the 2-point method for determining the 1-repetition maximum in the bench press exercise. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 4, p. 474–481, abr. 2018a.
- GARCÍA-RAMOS, A. et al. Mean velocity vs. mean propulsive velocity vs. peak velocity: which variable determines bench press relative load with higher reliability? **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 5, p. 1273–1279, maio 2018b.
- GARCÍA-RAMOS, A. et al. Reliability and validity of different methods of estimating the one-repetition maximum during the free-weight prone bench pull exercise. **Journal of Sports Sciences**, v. 37, n. 19, p. 2205–2212, 2 out. 2019.
- GARCIA-RAMOS, A.; JARIC, S. Two-point method: a quick and fatigue-free procedure for assessment of muscle mechanical capacities and the 1 repetition maximum. **Strength & Conditioning Journal**, v. 40, n. 2, p. 54–66, abr. 2018.
- GARCÍA-RAMOS, A.; SUZOVIC, D.; PÉREZ-CASTILLA, A. The load-velocity profiles of three upper-body pushing exercises in men and women. **Sports Biomechanics**, p. 1–13, 12 jul. 2019.

GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; MARQUES, M. C. Relationship between kinematic factors and countermovement jump height in trained track and field athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 12, p. 3443–3447, dez. 2010.

GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; SÁNCHEZ-MEDINA, L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 05, p. 347–352, maio 2010.

GONZÁLEZ-BADILLO, J.; MARQUES, M.; SÁNCHEZ-MEDINA, L. The importance of movement velocity as a measure to control resistance training intensity. **Journal of Human Kinetics**, v. 29A, n. Special-Issue, p. 15–19, 1 set. 2011.

HAFF, G. G.; NIMPHIUS, S. Training Principles for Power. **Strength & Conditioning Journal**, v. 34, n. 6, p. 2–12, dez. 2012.

HARRIS, N. K. et al. Understanding position transducer technology for strength and conditioning practitioners. **Strength & Conditioning Journal**, v. 32, n. 4, p. 66–79, ago. 2010.

HARRISON, P. W. et al. Resistance Priming to Enhance Neuromuscular Performance in Sport: Evidence, Potential Mechanisms and Directions for Future Research. **Sports Medicine**, v. 49, n. 10, p. 1499–1514, out. 2019.

HARTMANN, H.; WIRTH, K.; KLUSEMANN, M. Analysis of the Load on the Knee Joint and Vertebral Column with Changes in Squatting Depth and Weight Load. **Sports Medicine**, v. 43, n. 10, p. 993–1008, out. 2013.

HUGHES, L. J.; PEIFFER, J. J.; SCOTT, B. R. Load–velocity relationship 1RM predictions: A comparison of Smith machine and free-weight exercise. **Journal of Sports Sciences**, v. 38, n. 22, p. 2562–2568, 16 nov. 2020.

JARIC, S. Force-velocity relationship of muscles performing multi-joint maximum performance tasks. **International Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 09, p. 699–704, 25 mar. 2015.

JIDOVTSSEFF, B. et al. Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 1, p. 267–270, jan. 2011.

KAWAMORI, N.; HAFF, G. G. The optimal training load for the development of muscular power. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 3, p. 675–684, ago. 2004.

KOO, T. K.; LI, M. Y. A. Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. **Journal of Chiropractic Medicine**, v. 15, n. 2, p. 155–163, jun. 2016.

LOMBARDI, V. P. **Beginning weight training: the safe and effective way.** [s.l.] Dubuque, IA : W.C. Brown, 1989.

LOTURCO, I. et al. Half-squat or jump squat training under optimum power load conditions to counteract power and speed decrements in Brazilian elite soccer players during the preseason. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 12, p. 1283–1292, 21 jul. 2015.

- LOTURCO, I. et al. Using bar velocity to predict maximum dynamic strength in the half-squat exercise. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 5, p. 697–700, jul. 2016.
- LOTURCO, I. et al. One-repetition-maximum measures or maximum bar-power output: which is more related to sport performance? **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 14, n. 1, p. 33–37, 1 jan. 2019.
- LOTURCO, I. et al. Force-velocity relationship in three different variations of prone row exercises. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 35, n. 2, p. 300–309, fev. 2021.
- MARTÍNEZ-CAVA, A. et al. Velocity- and power-load relationships in the half, parallel and full back squat. **Journal of Sports Sciences**, v. 37, n. 10, p. 1088–1096, 19 maio 2019.
- MARTÍNEZ-CAVA, A. et al. Effect of pause versus rebound techniques on neuromuscular and functional performance after a prolonged velocity-based training. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, p. 1–7, 2020a.
- MARTÍNEZ-CAVA, A. et al. Reliability of technologies to measure the barbell velocity: Implications for monitoring resistance training. **PLOS ONE**, v. 15, n. 6, p. e0232465, 10 jun. 2020b.
- MAYHEW, J. et al. Relative muscular endurance performance as a predictor of bench press strength in college men and women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 6, n. 4, p. 200–206, nov. 1992.
- MILLER, A. E. J. et al. Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 66, n. 3, p. 254–262, mar. 1993.
- NIEWIADOMSKI, W. et al. Determination and Prediction of One Repetition Maximum (1RM): Safety Considerations. **Journal of Human Kinetics**, v. 19, n. 2008, p. 109–120, 1 jan. 2008.
- O'CONNOR, R. et al. **Weight Training Today**. [s.l.] West, 1989.
- PALLARÉS, J. G. et al. Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments. **Journal of Sports Sciences**, v. 32, n. 12, p. 1165–1175, 21 jul. 2014.
- PAREJA-BLANCO, F.; WALKER, S.; HÄKKINEN, K. Validity of using velocity to estimate intensity in resistance exercises in men and women. **International Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 14, p. 1047–1055, dez. 2020.
- PÉREZ-CASTILLA, A. et al. Evaluation of Muscle Mechanical Capacities Through the Two-Load Method: Optimization of the Load Selection. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 5, p. 1245–1253, maio 2018.
- PÉREZ-CASTILLA, A. et al. Reliability and concurrent validity of seven commercially available devices for the assessment of movement velocity at different intensities during the bench press. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 5, p. 1258–1265, maio 2019.

- PÉREZ-CASTILLA, A. et al. Load-velocity relationship in variations of the half-squat exercise: influence of execution technique. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 4, p. 1024–1031, abr. 2020.
- PESTAÑA-MELERO, F. L. et al. Reliability of the load–velocity relationship obtained through linear and polynomial regression models to predict the 1-repetition maximum load. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 34, n. 3, p. 184–190, 1 jun. 2018.
- PICERNO, P. et al. 1RM prediction: a novel methodology based on the force–velocity and load–velocity relationships. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 10, p. 2035–2043, out. 2016.
- RAHMANI, A. et al. A Simple method for assessing upper-limb force–velocity profile in bench press. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 2, p. 200–207, fev. 2018.
- ROBERTS, B. M.; NUCKOLS, G.; KRIEGER, J. W. Sex differences in resistance training: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 5, p. 1448–1460, maio 2020.
- RUF, L.; CHÉRY, C.; TAYLOR, K.-L. Validity and reliability of the load-velocity relationship to predict the one-repetition maximum in deadlift. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 3, p. 681–689, mar. 2018.
- SÁNCHEZ-MEDINA, L. et al. Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs. bench press exercises. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 03, p. 209–216, 30 jul. 2013.
- SÁNCHEZ-MEDINA, L. et al. Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. **Sports Medicine International Open**, v. 01, n. 02, p. E80–E88, fev. 2017.
- SÁNCHEZ-MEDINA, L.; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 9, p. 1725–1734, set. 2011.
- SANCHEZ-MEDINA, L.; PEREZ, C. E.; GONZALEZ-BADILLO, J. J. Importance of the propulsive phase in strength assessment. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 02, p. 123–129, fev. 2010.
- SÁNCHEZ-MORENO, M. et al. Movement velocity as indicator of relative intensity and level of effort attained during the set in pull-up exercise. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. 10, p. 1378–1384, 1 nov. 2017.
- SCHOENFELD, B. J. Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 12, p. 3497–3506, dez. 2010.
- SCHWANBECK, S.; CHILIBECK, P. D.; BINSTED, G. A comparison of free weight squat to smith machine squat using electromyography. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 9, p. 2588–2591, dez. 2009.
- SIMMONS, J.; O'SHEA, J. P.; O'CONNOR, R. J. **Weight training today**. 1ª edição ed. St. Paul: Brooks Cole, 1989.

STARON, R. S. et al. Fiber Type Composition of the Vastus Lateralis Muscle of Young Men and Women. **Journal of Histochemistry & Cytochemistry**, v. 48, n. 5, p. 623–629, maio 2000.

THOMPSON, S. W. et al. Pooled versus individualized load–velocity profiling in the free-weight back squat and power clean. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, p. 1–9, 2020.

TORREJÓN, A. et al. The load-velocity profile differs more between men and women than between individuals with different strength levels. **Sports Biomechanics**, v. 18, n. 3, p. 245–255, 4 maio 2019.

WEAKLEY, J. et al. The validity and reliability of commercially available resistance training monitoring devices: a systematic review. **Sports Medicine**, 21 jan. 2021.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado por Ana Denise de Souza Andrade, Drummond Gilo da Silva, Petrus Gantois, Professor Fabiano Fonseca liderado pelo Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura para participar da pesquisa intitulada “Acurácia de equações generalizadas para estimar a intensidade relativa no agachamento com pesos livres para homens e mulheres”. Você não deve participar contra a sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e faça qualquer pergunta que desejar, para que todos os procedimentos desta pesquisa sejam esclarecidos.

O objetivo desta pesquisa é determinar a acurácia de equações generalizadas para estimar a carga relativa (%1RM) no exercício de agachamento com pesos livres em homens e mulheres. Inicialmente, você realizará 1 dia de familiarização com os procedimentos da pesquisa. Posteriormente, você realizará testes de cargas progressivas até alcançar a carga em que só conseguirá realizar uma repetição. A pesquisa será realizada em 2 visitas e todas as visitas serão realizadas no seu próprio local de treinamento, sem necessidade de deslocamento para outras instalações. Caso aceite participar deste estudo por livre e espontânea vontade, você precisa estar ciente que, como em qualquer tipo de pesquisa científica, existe a possibilidade de que possa beneficiar-se inteiramente ou apenas de maneira parcial pelos procedimentos desenvolvidos ao longo da investigação. É seu direito interromper sua participação a qualquer momento sem que isso implique qualquer penalidade ou prejuízo. Os desconfortos e riscos relacionados às coletas de dados são aqueles inerentes a qualquer prática de exercícios, como por exemplo: dores musculares ou lesões musculoesqueléticas. É possível a ocorrência de dores musculares agudas e principalmente tardias (24 a 48 horas após o exercício), em função de micro lesões musculares que são inerentes à prática de exercício físico de esforço máximo. Estes sintomas tendem a regredir espontaneamente em aproximadamente 3 a 5 dias. Durante toda a coleta de dados, os sujeitos terão acompanhamento e assistência do profissional de Educação Física habilitado. Os benefícios da presente pesquisa são a elaboração de relatórios para os participantes e treinadores com os resultados dos testes, bem como fornecimento de valores de referência para esta população que estão presentes na literatura especializada. As informações obtidas nesta pesquisa não serão de maneira alguma associada à sua identidade e não poderão ser consultadas por pessoas leigas sem autorização oficial. Estas informações poderão ser utilizadas para fins científicos e resguardadas com total privacidade e anonimato. Após ser esclarecido sobre as informações contidas nesse documento, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento. Além disso, nenhum participante envolvido na pesquisa receberá pagamento.

Nome: Fábio Yuzo Nakamura

Instituição: Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física UPE/UFPB. Departamento de Educação Física – UFPB

Endereço: Cidade Universitária Campus I. Castelo Branco. João Pessoa. Paraíba.

CEP: 58.051-900

Telefones para contato: (83) 3216-7200.

Eu _____, ____anos, RG: _____, declaro que é de livre e espontânea vontade que estou como participante da presente pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas.

_____, _____, de _____, de 20__.

_____	_____	__/__/__
Nome do participante da pesquisa	Assinatura	Data
<u>Fábio Nakamura</u>		__/__/__
Nome do pesquisador	Assinatura	Data
<u>Ana Denise de Souza Andrade</u>	<u>Ana Denise de Souza Andrade</u>	__/__/__
Nome do profissional que aplicou o TCLE	Assinatura	Data