



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Giullio César Pereira Salustiano Mallen da Silva

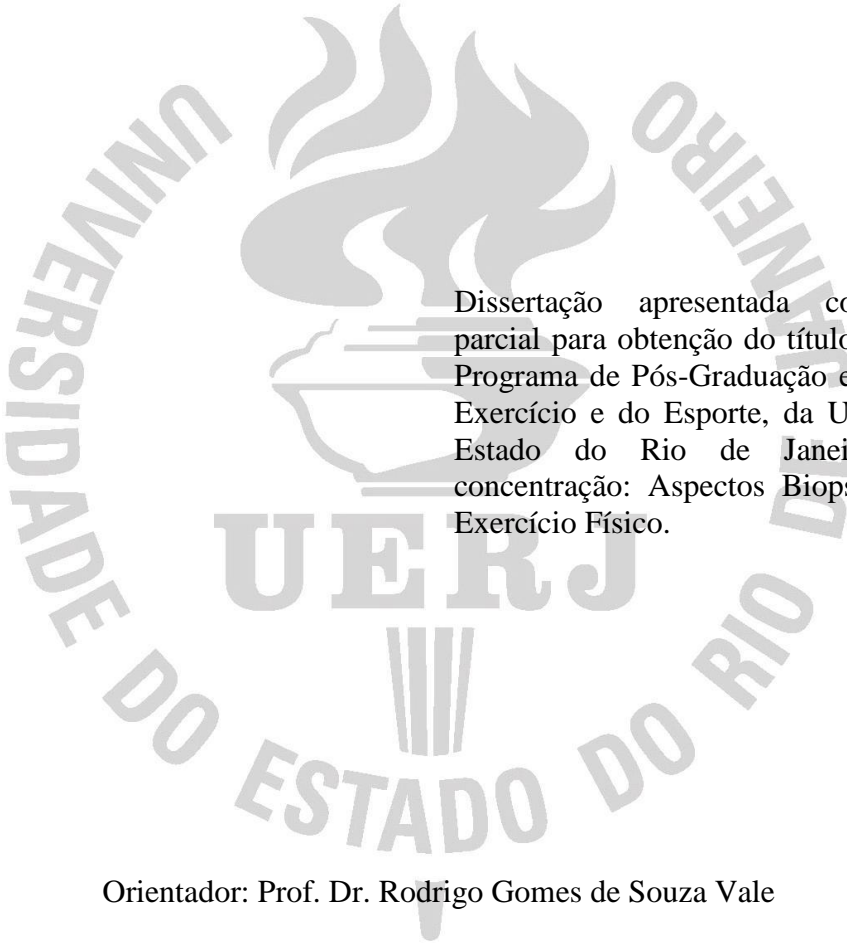
**Análise do tempo sob tensão, volume total de treino, índice de fadiga e  
variáveis mecânicas no exercício supino reto realizado em diferentes  
intervalos de recuperação**

Rio de Janeiro

2023

Giullio César Pereira Salustiano Mallen da Silva

**Análise do tempo sob tensão, volume total de treino, índice de fadiga e variáveis mecânicas no exercício supino reto realizado em diferentes intervalos de recuperação**



Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale

Rio de Janeiro

2023

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

S568 Silva, Giulio César Pereira Salustiano Mallen da.  
Análise do tempo sob tensão, volume total de treino, índice de fadiga e variáveis mecânicas no exercício supino reto realizado em diferentes intervalos de recuperação / Giulio César Pereira Salustiano Mallen da Silva. – 2023.  
67 f : il.

Orientador: Rodrigo Gomes de Souza Vale.  
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1.Exercícios físicos – Aspectos fisiológicos - Teses. 2 Treinamento de força.– Teses. 3 Fadiga- Teses. 4 Recuperação da função fisiológica. – Teses. I. Vale, Rodrigo Gomes de Souza. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 613.72

Bibliotecária: Mirna Lindenbaum CRB7 4916

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Giullio César Pereira Salustiano Mallen da Silva

**Análise do tempo sob tensão, volume total de treino, índice de fadiga e variáveis mecânicas no exercício supino reto realizado em diferentes intervalos de recuperação**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Aprovado em 07 de fevereiro de 2023

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale (Orientador)  
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

---

Prof. Dr. Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes  
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

---

Prof. Dr. Guilherme Rosa de Abreu  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2023

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha querida avó:  
Cidália Pereira Salustiano da Silva (in memoriam).

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale, pela oportunidade de aprender e me desenvolver a partir de sua orientação, sempre disposto a ouvir e ajudar. Muito obrigado pela paciência e todos os ensinamentos.

Ao professor Dr. Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes, membro interno da banca examinadora, por ter aceitado participar da comissão de avaliação da presente dissertação e por todos os ensinamentos transmitidos dentro e fora de sala de aula durante este período.

Ao professor Dr. Guilherme Rosa, membro externo da banca examinadora, por ter aceitado o convite para participar da comissão de avaliação da presente dissertação e por toda a contribuição e apoio à realização do mestrado, desde a graduação.

Ao professor Dr. Vicente Pinheiro Lima, por ter me aceitado e iniciado minha trajetória no universo acadêmico, e ter me ensinado que a prosperidade é alcançada através de muito estudo e ajuda ao próximo. Muito obrigado por tudo nos últimos 6 anos juntos. Nada teria acontecido sem o senhor.

À professora Dra. Juliana Brandão Pinto de Castro, por cada palavra de apoio, cada sugestão um pouco mais “dura”, cada brincadeira e por todo trabalho realizado juntos até hoje. Você tem minha eterna gratidão!

Aos queridos amigos Yuri Rolim Lopes Silva, João Gabriel Miranda de Oliveira e Larissa Ruiz Garcia Rosa Bastos por todos os momentos de desabafo, conversa, risadas e descontração. Vocês foram e são fundamentais em minha vida.

A todos os amigos membros do grupo de pesquisa em Biodinâmica do Exercício, Desempenho e Saúde (BIODESA), por toda a ajuda durante as coletas de dados. Vocês foram essenciais para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos de infância Jonathas Ferreira da Silva e Giulio Perrone Júnior, por a muito tempo terem feito a escolha de trilhar esse caminho que se chama vida ao meu lado.

À minha irmã Giulliane Karolinne Pereira Salustiano Mallen da Silva, por sempre acreditar em mim e me apoiar, incondicionalmente.

À minha mãe Alcina Andreia Pereira Salustiano da Silva, por estar ao meu lado em todos os momentos da minha vida. Por fazer sacrifícios para tornar minha vida mais fácil, mesmo quando acredita que não sei sobre esses atos que só nossas mães são capazes de fazer.

Agradecer à minha avó Cidália Pereira Salustiano da Silva, que foi uma segunda mãe para mim, tendo feito o possível e o impossível para me garantir as melhores condições de estudo enquanto em vida. Muito obrigado vó, essa é para a senhora!

Por fim mas não menos importante, agradecer a Deus por colocar todas essas pessoas incríveis em minha vida e por tudo, literalmente tudo, que já me aconteceu até hoje.

Um trabalho te dá um propósito e um significado.

A vida é vazia sem ambos.

*(Stephen Hawking)*



## RESUMO

SILVA, Giullio César Pereira Salustiano Mallen da. *Análise do tempo sob tensão, volume total de treino, índice de fadiga e variáveis mecânicas no exercício supino reto realizado em diferentes intervalos de recuperação*. 2023. 67 f. (Mestrado em Ciências do Exercício e Esporte) Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Objetivo: analisar o tempo sob tensão, volume total de treino, índice de fadiga e variáveis mecânicas no exercício supino reto com a utilização de diferentes intervalos de recuperação. Métodos: foram realizadas uma revisão sistemática e dois artigos experimentais para compreensão do tempo sob tensão (TST) no exercício supino reto e da sua relação com o uso de diferentes intervalos de recuperação (IR). Em cada estudo experimental foram aplicados dois protocolos de 5 séries com até 10 repetições máximas divididos em dois encontros, com entrada randomizada e com diferentes IR (1 minuto - C1M e 3 minutos - C3M). Foram registrados o TST e o número máximo de repetições (NR) para os dois artigos. No primeiro estudo experimental, foram calculados os valores de volume total de treino (VTT) e índice de fadiga (IF). Para o segundo estudo experimental, foram registradas as variáveis mecânicas trabalho total (TT), potência (POT) e velocidade média (VM). Resultados: a partir da revisão sistemática, foi possível observar que o TST pode variar de comportamento de acordo com a utilização de diferentes métodos e protocolos de treinamento usados pelos estudos incluídos. Dessa forma, a possível predição do TST na execução do exercício supino reto estaria conectada a maneira que esse exercício teria sido prescrito. O primeiro artigo experimental encontrou TST menor na série 5 ( $p < 0,001$ ) para C1M quando comparado a C3M, sem diferença significativa para as outras 4 séries. O NR para C1M foi menor quando comparado a C3M nas séries 3 ( $p = 0,018$ ), 4 ( $p = 0,023$ ) e 5 ( $p < 0,001$ ), sem diferença significativa nas séries 1 e 2. O IF foi maior para C1M ( $p < 0,001$ ); no entanto, VTT foi maior para C3M ( $p = 0,007$ ). O segundo artigo experimental demonstrou que o TST foi maior em C3M quando comparado a C1M na série 5 ( $p < 0,001$ ). NR foi maior para 3 minutos comparado a C1M nas séries 3 ( $p = 0,016$ ), 4 ( $p = 0,021$ ) e 5 ( $p < 0,001$ ). TT foi maior em C3M quando comparado a C1M nas séries 3 ( $p = 0,005$ ), 4 ( $p = 0,007$ ) e 5 ( $p < 0,001$ ). VM foi maior para C3M comparada a C1M nas séries 4 ( $p = 0,029$ ) e 5 ( $p < 0,001$ ). Para C3M, POT foi maior comparada a C1M nas séries 4 ( $p = 0,044$ ) e 5 ( $p < 0,001$ ). Conclusão: O comportamento do TST varia de acordo com a prescrição do exercício supino reto, porém, não é sempre que acompanha um padrão de comportamento relacionado ao NR. Essas diferenças encontradas entre as duas variáveis demonstra possíveis divergências na sua utilização como métricas de quantificação de volume de treinamento. Diferentes IR influenciaram a manutenção do TST e do NR ao longo das séries realizadas, embora C3M tenha demonstrado menor efeito negativo sobre o desempenho do que C1M. IR mais longos demonstraram maior capacidade de manter o VTT e menor efeito deletério acumulado pela fadiga. Ao longo da realização das séries, foi possível observar redução da VM do movimento, o que elucidou o possível motivo da divergência do comportamento entre o TST e o NR. O TT também reduziu ao longo das séries, possivelmente pela redução do NR realizadas.

Palavras-chave: Tempo sob tensão. Supino reto. Treinamento resistido. Intervalo de recuperação.

## ABSTRACT

SILVA, Giulio César Pereira Salustiano Mallen da. *Analysis of time under tension, total training volume, fatigue index and mechanical variables in bench press exercise performed at different recovery intervals*. 2023. 67 f. (Mestrado em Ciências do Exercício e Esporte) Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

**Objective:** to analyze the time under tension, total training volume, fatigue index and mechanical variables in the bench press exercise using different recovery intervals. **Methods:** A systematic review and two experimental articles were carried out to understand the time under tension (TUT) in the bench press exercise and its relationship with the use of different recovery intervals (RI). In each experimental study, two protocols of 5 series with up to 10 maximum repetitions were applied, divided into two meetings, with randomized entry and with different RI (1 minute - C1M and 3 minutes - C3M). The TUT and the maximum number of repetitions (NR) were recorded for both articles. In the first experimental study, the values of total training volume (TTV) and fatigue index (FI) were calculated. For the second experimental study, the mechanical variables total work (TW), power (PW) and mean velocity (MV) were recorded. **Results:** from the systematic review, it was possible to observe that the TUT varied in behavior according to the use of different methods and training protocols used by the included studies. Thus, the possible prediction of the TUT in the execution of the bench press exercise would be connected to the way that this exercise would have been prescribed. The first experimental article found a lower TUT in series 5 ( $p < 0.001$ ) for C1M when compared to C3M, with no significant difference for the other 4 series. NR for C1M was lower when compared to C3M in sets 3 ( $p = 0.018$ ), 4 ( $p = 0.023$ ) and 5 ( $p < 0.001$ ), with no significant difference in sets 1 and 2. The FI was higher for C1M ( $p < 0.001$ ); however, TTV was higher for C3M ( $p = 0.007$ ). The second experimental article demonstrated that the TUT was higher in C3M when compared to C1M in series 5 ( $p < 0.001$ ). NR was greater for 3 minutes compared to C1M in sets 3 ( $p = 0.016$ ), 4 ( $p = 0.021$ ) and 5 ( $p < 0.001$ ). TW was higher in C3M when compared to C1M in series 3 ( $p = 0.005$ ), 4 ( $p = 0.007$ ) and 5 ( $p < 0.001$ ). MV was higher for C3M compared to C1M in series 4 ( $p = 0.029$ ) and 5 ( $p < 0.001$ ). For C3M, PW was higher compared to C1M in series 4 ( $p = 0.044$ ) and 5 ( $p < 0.001$ ). **Conclusion:** The behavior of the TUT varies according to the prescription of the bench press exercise; however, it is not always that it follows a pattern of behavior related to the NR. These differences found between the two variables demonstrate possible differences in their use as training volume quantification metrics. Different RI influenced the maintenance of TUT and NR throughout the series performed, although C3M has shown less negative effect on performance than C1M. Longer RI showed greater ability to maintain TTV and less deleterious effect accumulated by fatigue. During the series, it was possible to observe a reduction in the MV of the movement, which clarified the possible reason for the divergence in behavior between the TUT and the NR. The TW also reduced throughout the series, possibly due to the reduction of the NR performed.

**Keywords:** Time under tension. Bench press. Resistance training, Rest interval.

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1</b>	<b>ARTIGO 1 - ANALYSIS OF TIME UNDER TENSION IN BENCH PRESS EXERCISE IN RECREATIONALLY TRAINED INDIVIDUALS: A SYSTEMATIC REVIEW.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>ARTIGO 2 - INFLUENCE OF DIFFERENT RECOVERY INTERVALS ON TIME UNDER TENSION, TOTAL TRAINING VOLUME, AND FATIGUE INDEX IN HORIZONTAL BENCH PRESS EXERCISE IN YOUNG MALE WRESTLING ATHLETES .....</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>ARTIGO 3 - ANÁLISE DO TEMPO SOB TENSÃO E VARIÁVEIS MECÂNICAS NO EXERCÍCIO SUPINO RETO EM DIFERENTES INTERVALOS DE RECUPERAÇÃO.....</b>	<b>39</b>
	<b>CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO .....</b>	<b>57</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>60</b>
	<b>ANEXO A - PAR-Q Teste.....</b>	<b>63</b>
	<b>ANEXO B – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa .....</b>	<b>64</b>

## INTRODUÇÃO

O treinamento resistido (TR) é uma modalidade de exercício físico que fornece adaptações fisiológicas benéficas ao organismo humano a partir da utilização de produção de força contra determinada resistência. Essas adaptações estão relacionadas ao aumento da massa magra e taxa metabólica, redução do peso de gordura, maior capacidade funcional com menor ocorrência de dores e contribuição para a melhora de condições patológicas cardiovasculares, metabólicas e mentais (WESTCOTT, 2012).

Além da melhora de condições clínicas de saúde, o TR também é capaz de aprimorar as capacidades físicas específicas para que um atleta de alto rendimento consiga manter seu desempenho (OVRETVEIT & TOIEN, 2018). Dessa maneira, sua prática é recomendada tanto para populações saudáveis que buscam melhorar a qualidade de atividades da vida diária, quanto para atletas amadores e profissionais de alto rendimento (SILVA et al., 2018), além de indivíduos que buscam melhorar e tratar condições clínicas patológicas (BENNIE et al., 2018).

Para alcançar tais finalidades, esse tipo de treinamento é prescrito com o objetivo de aumentar a capacidade de produção de força muscular de um indivíduo, e/ou aumentar a área de secção transversa dos músculos utilizados (EVANS, 2019). Além da força muscular ser considerada importante para o aumento do desempenho no meio desportivo, ela também é necessária para a redução da incidência de lesões de seus praticantes (SUCHOMEL, NIMPHIUS & STONE, 2016). Uma revisão elucidou que o treinamento resistido que envolve múltiplos componentes como força, equilíbrio e exercícios pliométricos, é efetivo na redução do risco de lesões de atletas de alto rendimento (BEATO et al., 2021).

Para que o TR imponha estresse mecânico e metabólico a fim de alcançar essas adaptações fisiológicas (KNEFFEL et al., 2020), precisa ser prescrito com eficiência e segurança. Para isso, é necessária a manipulação das variáveis de treinamento como intensidade, intervalo de recuperação (IR), velocidade de movimento, número de séries e repetições, seleção e ordem dos exercícios (GRGIC et al., 2018). Dentre as variáveis citadas, parece que o IR tem a capacidade de influenciar a intensidade e o volume do treino a partir de sua alteração (MARTORELLI et al., 2020), e por isso, se torna importante o seu entendimento. O IR afeta diretamente a realização do número de repetições das séries a serem realizadas posteriormente ao descanso (SCUDESE et al., 2015; MAIA et al., 2015) e pode alterar as respostas do treinamento. Durante as sessões, intervalos entre séries mais curtos provocam maiores respostas metabólicas, hormonais e cardiovasculares (TIBANA et al., 2013).

Além dessas, existe a variável de TR conhecida como tempo sob tensão (TST), que expressa o tempo que um músculo ou grupamento muscular gasta para produzir força durante a execução de uma repetição ou um conjunto de repetições (SALAROLLI et al., 2018). O TST tem relação com a velocidade de contração e amplitude do movimento (BORDE; HORTOBÁGYI; GRANACHER, 2015), que modificam a cadência a ser realizado o movimento e com isso, o número de repetições e a carga de treino utilizada (HATFIELD et al., 2006; WILK et al., 2018). Diferentes velocidades de contração demonstram variação no recrutamento de unidades motoras (BROWN et al., 2015) e a utilização de diferentes sobrecargas pode afetar essa velocidade de contração, e assim, a duração da repetição e o TST. Exercícios realizados na maior velocidade possível de contração e até a falha muscular concêntrica tem influência da sobrecarga utilizada quanto a sua duração. Diferentes tempos sob tensão podem levar a diferentes resultados ao fim do treinamento (SILVA et al., 2018).

A influência do IR na capacidade de realização do número de repetições subsequentes ao intervalo pode afetar diretamente o TST (WILK et al., 2018). No entanto, um maior número de repetições não expressa necessariamente um maior TST (GEPFERT et al., 2021). Um estudo demonstra o mesmo TST comparado a diferentes números de repetições quando realizado o exercício supino reto com dois tipos diferentes de barras (KRZYSZTOFIK et al., 2021) e dois estudos realizaram testes de força máxima (8RM, 10RM e 12RM) com o mesmo protocolo de testagem e acharam comportamentos diferentes no TST relacionados aos protocolos de 10RM e 12 RM (SILVA et al., 2016; SILVA et al., 2017). A partir dessa imprecisão do número de repetições, a literatura sugere alguns meios para quantificação de carga externa de treinamento (trabalho realizado), o que inclui o TST para tal finalidade (MCBRIDE et al., 2009).

Além dos meios de quantificação de carga externa de treino que utilizem o número de repetições no cálculo ( $n^{\circ}$  de repetições x sobrecarga;  $n^{\circ}$  de repetições x  $n^{\circ}$  de séries x sobrecarga) e do TST, é possível quantificar a carga externa de treino a partir do trabalho total realizado (força em newtons representado pela sobrecarga utilizada x deslocamento do implemento utilizado) (HORNSBY et al., 2018). Trabalho total realizado é a métrica de quantificação de volume de treino mais precisa, porém com limitações para ser utilizada no dia a dia de centros de treinamento e academias pela necessidade de identificar o deslocamento do implemento (MCBRIDE et al., 2009).

A partir do entendimento das variáveis de treinamento, manipulação das mesmas e respostas durante o TR, é necessário compreender as formas que esse treinamento pode ser prescrito, no qual vai direcionar o indivíduo para o objetivo a ser alcançado. Dessa forma, é

possível realizar sua prescrição a partir de diferentes modelos: através de percentuais de sobrecarga do valor de 1RM mensurados antes das sessões, com base na classificação da escala de percepção de esforço empregada durante as sessões ou por faixas de repetições múltiplas com o ajuste ao longo das sessões de treinamento (BANYARD et al., 2018; MARTORELLI et al., 2020).

Essas três formas de prescrição não levam em consideração o TST realizado durante o exercício. Porém, vista a sua importância para as adaptações mecano-biológicas a partir da oscilação das respostas metabólicas e neurais, seu comportamento precisa ser levado em consideração durante a prescrição do programa de treinamento. (BORDE; HORTOBÁGYI; GRANACHER, 2015). Normalmente, o TST não é considerado ao determinar o volume de carga de treino, mas sua alteração tem a capacidade de modificar os níveis de fadiga e de disfunção muscular após a realização do exercício (TRAN, DOCHERTY & BEHM, 2006).

A partir da necessidade de controle das variáveis relacionadas a prescrição do treinamento resistido quanto a elaboração de programas de exercícios e sua periodização, o estudo dessas relações se faz necessário. Assim, pode-se aprimorar a prescrição do TR para obter efetivos resultados. A análise do TST, se refere ao avanço no conhecimento de um conteúdo em exploração, com demanda de novos estudos que, possam ao longo do tempo, corroborar para adequada manipulação dessa variável que está relacionada com a magnitude da sobrecarga e número de repetições máximas. Além disso, as variáveis propostas serão investigadas para entender os ajustes realizados pelo sistema neuromuscular sobre as variações do IR de um e três minutos. Isso possibilita a interpretação da relação dessas variáveis para alcançar objetivos específicos ao utilizar diferentes IR.

Sendo assim, a presente dissertação foi organizada em três estudos, no qual o primeiro foi uma revisão sistemática intitulada “Análise do tempo sob tensão no exercício supino reto em indivíduos recreativamente treinados: uma revisão sistemática”, a fim de encontrar a lacuna do conhecimento dessa variável com o objetivo de analisar o comportamento do TST na realização do exercício multiarticular supino reto em indivíduos treinados. O segundo estudo, experimental, intitulado “Influência de diferentes intervalos de recuperação no tempo sob tensão, volume total de treino e índice de fadiga no exercício supino horizontal em jovens atletas de wrestling” teve o objetivo de analisar o TST, número de repetições, volume total de treino e o índice de fadiga no exercício supino reto com a utilização de diferentes IR. Por fim, o terceiro estudo intitulado “Análise do tempo sob tensão e variáveis mecânicas no exercício supino reto em diferentes intervalos de recuperação” objetivou apresentar as relações dessas variáveis entre si.

1 ARTIGO 1 - ANALYSIS OF TIME UNDER TENSION IN BENCH PRESS EXERCISE IN RECREATIONALLY TRAINED INDIVIDUALS: A SYSTEMATIC REVIEW

# Analysis of Time Under Tension in Bench Press Exercise in Recreationally Trained Individuals: A Systematic Review

Giullio César Pereira Salustiano Mallen da Silva,<sup>1,2</sup> Vicente Pinheiro Lima,<sup>1,2</sup> Andressa Oliveira Barros dos Santos,<sup>1,2</sup> Juliana Brandão Pinto de Castro,<sup>1,2</sup> Yuri Rolim Lopes Silva,<sup>1,2</sup> Guilherme Rosa,<sup>3</sup> Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes,<sup>1,2</sup> and Rodrigo Gomes de Souza Vale<sup>1,2,4</sup>

<sup>1</sup>Postgraduate Program in Exercise & Sport Sciences, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, Brazil;

<sup>2</sup>Laboratory of Exercise & Sport, Institute of Physical Education & Sports, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, Brazil; <sup>3</sup>Department of Physical Education and Sports at the Rural Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil; and <sup>4</sup>Laboratory of Exercise Physiology, Estácio de Sá University, Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brazil

Supplemental digital content is available for this article. Direct URL citations appear in the printed text and are provided in the HTML and PDF versions of this article on the journal's Web site (<http://journals.lww.com/nsca-scj>). Video abstract is available at <http://links.lww.com/SCJ/A354>.

## ABSTRACT

This study aimed to analyze the time under tension (TUT) behavior in the bench press exercise performance in recreationally trained individuals. A systematic review was performed based on the PRISMA recommendations and registered on PROSPERO (CRD42022301830). MEDLINE (PubMed), Scopus, SPORTDiscus, and Lilacs (BVS) databases were consulted with the terms (resistance training [Title/Abstract]) OR (strength training [Title/Abstract]) AND (time under tension [Title/Abstract]). Cohort studies that analyzed the TUT in the bench press exercise in individuals with experience in resistance training were included. We used the Critical Appraisal Skills Program tool to analyze

Address correspondence to Giullio César Pereira Salustiano Mallen da Silva, [giulliocesar.gc@hotmail.com](mailto:giulliocesar.gc@hotmail.com).

the methodological quality of the included studies. Thirteen studies met the inclusion criteria. The total number of participants was 215 individuals (179 men and 36 women). TUT was analyzed from the manipulation of each study variable. The behavior of the TUT in the bench press exercise varies according to the training protocol and method used. The TUT and the number of repetitions can vary to quantify the training volume.

## INTRODUCTION

Time under tension (TUT) is a resistance training (RT) variable that represents the time spent for a muscle or a muscle group to produce force during a single set. TUT is related to the duration of each repetition, the total number of repetitions performed for an exercise (2), and the training load used (7).

TUT can be represented as the sum of the duration of concentric, quasi-isometric, and eccentric phases (22) of repetition and can be modified by increasing or decreasing the duration of each phase, isolated or not (13). Sometimes, TUT is disregarded when determining the training volume or load, but its alteration can modify fatigue and muscle disruption levels (30). The use of different cadences can affect the TUT and affect the training volume and intensity (15). The capacity to lift external load reduces from the increase of the TUT (1).

In the same way, TUT can be affected by the external load used in RT exercise by the movement speed and

## KEY WORDS:

time under tension; resistance training; strength training; bench press; upper limbs

## Time Under Tension in Bench Press Exercise

repetition duration that this variable can enforce. This can result in different findings at the end of the training (26). When performing exercises to concentric muscle failure at the highest possible movement speed, external loads influence the duration of the exercise, that is, lower loads result in higher repetitions and longer TUT (32). Thus, the number of repetitions performed for a determined external load influences the individual's muscular strength production and hypertrophy development (21).

In addition to the load, which is considered an RT intensity variable, the number of repetitions is commonly used to manipulate training sessions (25). Other variables such as manipulation of the exercise order (17) and the rest interval between sets (8) can directly interfere with the number of continuous repetitions and, consequently, in the TUT. However, a higher number of repetitions do not necessarily mean a higher TUT (38).

Even with these diverse possibilities, the literature indicates some means for quantifying training volume, which includes the TUT (16). However, applying TUT to accurately determine training volume demands understanding this variable behavior in individuals with different levels of trainability and different exercises, methods, and approaches. The bench press exercise involves a multijoint movement and is used both for tests to evaluate the strength of the upper limbs and improve maximum strength, power, and hypertrophy. In this context, the manipulation of RT volume and intensity variables needs to be understood and manipulated (18), as well as the TUT.

Based on the use of the TUT as a training variable, this systematic review aims to analyze the behavior of the TUT in performing the bench press exercise in recreationally trained individuals.

### METHODS

This systematic review followed the recommendations of the Preferred

Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines (19). It was registered in the International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) as number CRD42022301830.

### ELIGIBILITY CRITERIA

Cohort design studies that analyzed the RT variable TUT during the bench press exercise on experienced subjects were included. We excluded studies from conferences, congresses, reviews, case studies, and studies that used TUT as an intervention control variable and not as a variable to be analyzed from the outcome found.

### SEARCH STRATEGY

A search was performed in 2022 without the use of filters in MEDLINE (PubMed), Scopus, SPORTDiscus, and Lilacs (BVS) databases, using the search phrase (resistance training [Title/Abstract] OR (strength training [Title/Abstract] AND (time under tension [Title/Abstract])). Although the term “time under tension” is not considered a recognized descriptor by the Health Sciences Descriptors (DeCS) and by the Medical Subject Headings (MeSH), we included this term because it was the main topic addressed by this study.

After the search, all references were exported to an EndNote shared online library. Two researchers independently removed duplicates found and analyzed the titles and abstracts of the articles. A third researcher resolved any disagreements. Then, all articles that met the inclusion criteria of this study were read in full.

### METHODOLOGICAL QUALITY ANALYSIS

To assess the methodological quality, we used the Critical Appraisal Skills Programme (CASP) tool (3), available at <http://www.casp-uk.net/casp-tools-checklists>. This tool was designed to analyze possible problems and biases that may arise in the research context. Based on knowledge of the literature, 2 evaluators addressed

conflicts of interest that could affect the quality of the studies and a third evaluator was asked to resolve any discrepancies during the evaluation. The CASP tool has 12 domains. Each domain must be answered with “yes,” “no,” or “I cannot say.” Quality was evaluated as 10–12 (high quality), 7–9 (moderate quality), and 0–6 (low quality), according to the recommendations of Smith et al. (29).

### DATA EXTRACTION PROCESS

Two authors independently extracted the data from the included studies. Any differences were settled in a consensus meeting with a third author. To characterize the studies, the following data were extracted: publication year, country, number of participants, sex, age, height, body mass, time of experience, and data related to interventions and outcome, as an instrument used to analyze TUT, protocol, cadence, and load.

### RESULTS

Based on the criteria previously established, 272 articles were screened (PubMed = 51, Scopus = 86, SPORTDiscus = 29, and BVS = 106). Of these, 151 were excluded because they were duplicates and 72 were excluded while reading the title and abstract. Another 36 articles were excluded in the full-text reading phase. Thus, 13 articles were included in this review (Figure 1).

The descriptive characteristics of the included studies are presented in Table 1. Most of the included studies ( $n = 9$ , 69%) are from Poland (5,6,10–12,33–35,37). The number of participants ranged from 10 to 42 individuals. The total number of participants in the included studies was 215 individuals, with 179 men and 36 women. Of the 13 studies, only 2 (15%) were conducted with a sample of women (6,33). The RT experience varied between 6 months and 7 years, although 1 study (23) did not provide these data specifically.

Table 2 presents the instrument used to collect and analyze TUT, the testing



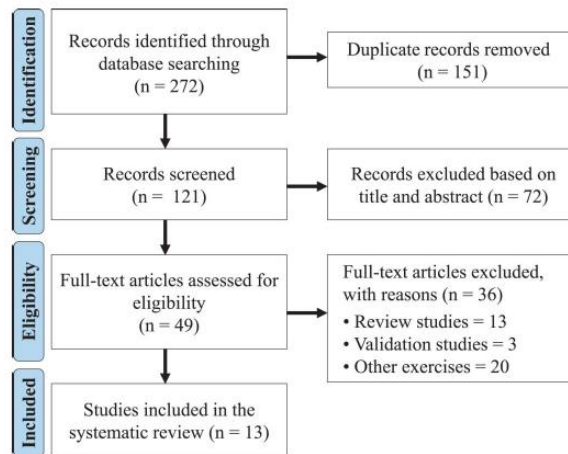


Figure 1. Flowchart of the selection of the included studies.

protocol (number of sets, repetitions, intervals, and methods), load, cadence, and conclusion of each selected study. The most used instrument to analyze TUT was the linear position transducer (5,10–12,31,37). The other instruments used were Kinovea software (27,28), a digital camera (6,33), and a digital stopwatch (23). The oldest study (28) was performed in 2016, and the most recent (5,10,31) in 2021, with a 5-year interval between them.

The methodological quality performed by the Critical Appraisal Skills Program tool (3) had a high-quality result (Table 3) because all included studies obtained a score of at least 11 points. Some articles did not present the confidence interval (CI) in the text of this study (6,10,23,27,28,31,33–35); thus, they did not obtain this score.

## DISCUSSION

The present systematic review aimed to analyze the behavior of TUT in the performance of the bench press exercise in individuals who practice RT. TUT was analyzed by manipulating each selected study's characteristics (e.g., different cadence, training intensity, grip distance, type of bar, use of postactivation

performance enhancement, and blood flow restriction).

## TRAINING VARIABLES

**Cadence.** Of the studies that analyzed different cadences, 3 (33–35) showed a longer total TUT for slower cadences. These studies found this result in total TUT with 70% of 1RM and in slower cadences performances in the eccentric phase of the movement. Each study used different cadences in the concentric phase of the movement. Wilk et al. (34) found this result for slower concentric cadences. Another study (35) used equalized concentric cadences, and the other study (33) was performed with concentric cadences at the maximum performance velocity possible. These results agree with the inverse relationship between the valences of velocity and time, in which the faster a movement is executed, the less time it takes to happen. Different eccentric phases can influence the stretch-shortening cycle (SSC) because it can potentiate mainly the initial phase of the concentric muscle action from the accumulated elastic potential energy (20). Thus, the shorter the duration of the eccentric phase, the lower the possibility that this energy will dissipate, and the beneficial effect of SSC will decrease (9). Despite this, although each analyzed

study compared different concentric phase cadence patterns, the TUT demonstrated similar behavior in all 3 studies (33–35).

Salarolli et al. (23) analyzed the TUT in different cadences but using 80% of 1RM and 2 models of performance velocity, including the highest possible velocity and 2 seconds of eccentric and concentric phases of the movement. The results found by the authors did not show differences in TUT between the 2 cadences, which contrasts with previous studies (33–35), but show differences in the number of repetitions.

## TRAINING INTENSITY

Two studies (27,28) analyzed the TUT during load tests using different intensities: 8, 10, and 12RM. Silva et al. (28) showed differences in the TUT. The total TUT running the 8RM test was lower than the 10RM and 12RM tests. On the other hand, in the 10RM and 12RM tests, the total TUT showed no difference.

Silva et al. (27) performed a study with the same testing protocol as the previous study but obtained different results. The total TUT in the 8RM test execution was lower than in the 10RM test. In the 12RM test, the total TUT was higher when compared with both the 10RM and the 8RM tests. Owing to the tests being performed under similar conditions, controlled range of motion, highest possible execution velocity, and load equalized with the capacity of strength production of each individual for the certain number of repetitions of each test, the divergence of results between these 2 studies demonstrates that the relationship of the TUT with the number of repetitions is not always straightforward. With all these variables controlled, a possible explanation for this difference in TUT compared with the number of repetitions could be related to the difference in the distance that the load is displaced from different arm spans. Even with a controlled range of motion, the arm span of individuals

## Time Under Tension in Bench Press Exercise

Authors	Year	Country	Participants and sex	Age, height, and body mass	Time of experience
Silva et al. (28)	2016	Brazil	20 ♂	24.17 ± 4.69 y 1.72 ± 0.06 m 80.85 ± 14.86 kg	At least 6 mo
Silva et al. (27)	2017	Brazil	11 ♂	19.09 ± 0.30 y 1.71 ± 0.05 m 67.89 ± 6.60 kg	At least 6 mo
Gepfert et al. (6)	2019	Poland	16 ♀	23.1 ± 2.3 y 54.5 ± 3.3 kg	1.7 ± 0.73 y
Gepfert et al. (5)	2021	Poland	14 ♂	25.6 ± 4.1 y 81.7 ± 10.8 kg	3.9 ± 2.4 y
Krzysztofik et al. (11)	2020	Poland	12 ♂	25.2 ± 2.1 y 92.1 ± 8.7 kg	6.3 ± 2.1 y
Krzysztofik et al. (12)	2020	Poland	10 ♂	27.9 ± 3.7 y 90.1 ± 12.5 kg	6.5 ± 2.7 y
Krzysztofik et al. (10)	2021	Poland	18 ♂	25 ± 2 y 92.1 ± 9.9 kg	7.3 ± 2.1 y
Salarolli et al. (23)	2018	Brazil	10 ♂	23.5 ± 2.96 y 1.79 ± 0.06 m 84.7 ± 8.15 kg	Experienced (NI)
Tsoukos et al. (31)	2021	United States	14 ♂	26.1 ± 5.5 y 1.81 ± 0.07 m 82.7 ± 12.0 kg	At least 3 y
Wilk et al. (34)	2018	Poland	42 ♂	20–37 y 75.9 ± 7.7 kg	At least 1 y
Wilk et al. (35)	2019	Poland	16 ♂	21–29 y 85.9 ± 7.7 kg	5.7 ± 1.29 y
Wilk et al. (33)	2019	Poland	20 ♀	27.3 ± 2.2 y 53.3 ± 7.7 kg	3.9 ± 0.63 y
Wilk et al. (37)	2020	Poland	12 ♂	23.2 ± 2.66 y 1.79 ± 0.03 m 75.3 ± 6.33 kg	5.7 ± 2.93 y

♂ = men; ♀ = women; kg = kilograms; m = meters; NI = not informed.

can change the distance that load travels (33). This can change the movement execution time and the total work performed (30).

Another study (31) analyzed TUT from the difference in intensity by the percentage of 1RM used. The TUT was analyzed under 40, 60, and 80% of 1RM until concentric failure and at the highest possible execution velocity. From this analysis,

differences were found in the total TUT. The 40% of 1RM condition had a longer total TUT compared with the other 2 conditions, and the 80% of 1RM had a shorter total TUT compared with the other 2 conditions. These results suggest that the external load difference between these protocols may be significant enough for the number of repetitions to change and for the TUT to follow

this behavior. These findings agree with Silva et al. (27), who also showed a reduction in external load and an increase in the number of repetitions accompanied by an increase in TUT. According to the force-velocity curve, the greater the load used, the less an individual can produce velocity against a resistance (4). This can make it difficult to perform more repetitions. This difficulty is

**Table 2**  
Data extracted from the selected studies

Study	Instrument	Sets, repetitions, and methods	Load and cadence	Conclusion
Silva et al. (28)	Software Kinovea version 8.15	3× with 5-min rest interval each 8RM test 10RM test 12RM test	RM Max velocity	TTUT 8RM < 10RM and 12RM 10RM = 12 RM
Silva et al. (27)	Software Kinovea version 8.15	3× with 5-min rest interval each 8RM test 10RM test 12RM test	RM Max velocity	TTUT 12RM > 10RM and 8RM 10RM > 8RM
Gepfert et al. (6)	Digital camera	5× till the muscular failure with 3-min rest interval WGBP CGBP	70% RM; 2/0/2/0	TTUT WGBP = CGBP
Gepfert et al. (5)	Linear position transducer	3× till the muscular failure with 3-min rest interval No BFR BFR	80% RM; Max velocity	TTUT BFR > No BFR
Krzysztofik et al. (11)	Linear position transducer	4-min rest interval each TRAD: 3× till the failure without preactivation PAPE: 3× till the failure with preactivation	60% RM; Max velocity	TTUT PAPE > TRAD TUTS PAPE 3rd set > TRAD 3rd set
Krzysztofik et al. (12)	Linear position transducer	1 × 3 reps each SB CB	50% RM; Max velocity	TTUT CB > SB
Krzysztofik et al. (10)	Linear position transducer	3× till the muscular failure with 5-min rest interval each SB CB	50% RM; 2 s ecc + max conc	TTUT: CB = SB CTUT: CB > SB ETUT: SB > CB
Salaroli et al. (23)	Digital stopwatch	1× till the muscular failure	80% RM A: Max velocity B: 2/0/2/0	TTUT Max velocity
Tsoukos et al. (31)	Linear position transducer	1× till the muscular failure	Low: 40% Mod: 60% RM Heavy: 80% RM Max velocity	TTUT Low > mod and heavy Heavy < mod and low PTUT (start and middle) Low = mod = heavy PTUT (final) Low > mod and heavy
Wilk et al. (34)	NI	5× till the muscular failure with 3-min rest interval each	70% RM Reg: 2/0/2/0	TTUT Med and slow > reg Med = slow TUTS Med and slow > reg

(continued)

## Time Under Tension in Bench Press Exercise

**Table 2**  
(continued)

Wilk et al. (35)	NI	5× till the muscular failure with 3-min rest interval each	70% RM Reg: 2/0/2/0	TTUT Slow > reg TUTS Slow > reg
Wilk et al. (33)	Video recording analyzed in slow motion	5× till the muscular failure with 3-min rest interval each WGBP CGBP	70% RM Fast: 2/0/X/0	TUTS: Slow > fast TTUT Slow > fast; WGBP = CGBP
Wilk et al. (37)	Linear position transducer	5× till the muscular failure with 3-min rest interval each No BFR BFR100 BFR150	60% RM Max velocity	TTUT BFR150 > No BFR and BFR100

BFR = blood flow restriction; BFR100 = blood flow restriction in 100 arterial occlusion pressure; BFR150 = blood flow restriction in 150 arterial occlusion pressure; CB = curved bar; CGBP = close grip bench press; conc = concentric; CTUT = concentric time under tension; ETUT = eccentric time under tension; ecc = eccentric; Max = maximum; Med = médium cadence; NI = not informed; No BFR = without blood flow restriction; PAPE = postactivation performance enhancement; PTUT = partial time under tension; Reg = regular cadence; reps = repetitions; RM = repetition maximum; SB = straight bar; slow = slow cadence; TRAD = traditional; TTUT = total time under tension; TUTS = time under tension by set; WGBP = wide grip bench press.

derived from the fatigue achieved with greater loads, which impairs the neuromuscular capacity to produce strength (24).

### TRAINING METHODS

**Postactivation performance enhancement.** Krzysztofik et al. (11) analyzed the TUT with and without postactivation performance enhancement (PAPE), a mechanism that increases the ability to produce force after conditioning activity or muscle contraction (39). The bench press exercise was performed at 60% of 1RM and with a determined cadence at highest possible velocity in the concentric and eccentric phase. The total TUT was longer with PAPE compared with the traditional protocol, but the number of repetitions showed no difference. The TUT per set only showed a difference in the third set with PAPE and higher TUT. This increase in TUT with PAPE can be explained by increased muscle environment temperature and blood flow. Thus, PAPE can contribute to improving heating effects, despite the lack of evidence explaining why TUT has increased it (11).

**Blood flow restriction.** Wilk et al. (37) and Gepfert et al. (5) analyzed the TUT with and without blood flow restriction during exercise. Both studies used the highest possible velocity of movement execution, but Wilk et al. (37) applied 60% of 1RM and analyzed TUT without blood flow restriction, with 100 and 150% arterial occlusion pressure. The subjects aimed to perform the movement until concentric failure in these 3 conditions. The total TUT was longer for using 150% arterial occlusion pressure than the other conditions. Gepfert et al. (5) analyzed blood flow restriction with 80% of 1RM and at the highest possible execution velocity. The individuals needed to perform the movement until the concentric failure. In agreement with the previous study result (37), the use of blood flow restriction yielded the value of total TUT greater compared with the nonuse. It is speculated that the mechanical compression generated by the material from which the cuff is made generates tension. The energy accumulated by this process can change the speed of movement, which also changes the duration of the movement. Wilk et al. (36)

observed that the tighter cuff (higher pressure) showed lower peak velocity and mean velocity than the wider cuff (lower pressure).

### BENCH PRESS EXECUTION

**Grip distance.** Wilk et al. (33) analyzed this variable using 70% of 1RM when performing the bench press with different hand positions on the bar. However, the result remained similar for using the shortest distance between the hands and for using the longest distance. Another study (6) analyzed different hand positions on the bar, using 70% of 1RM, but in a single cadence, 2 seconds of concentric and eccentric phases. The results were similar to those of Wilk et al. (33), with no difference in the use of different distances between the hands on the bar. Lockie et al. (14) analyzed the difference in performing the bench press exercise with different distances between the 2 hands in the execution of 1RM; however, unlike in previous studies, the traditional distance showed a longer execution time of the exercise compared with the shorter distance.

**Table 3**  
**Methodological quality from selected studies (CASP)**

Study	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7	8	9	10	11	12	Score
Silva et al. (28)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	ICS	Y	Y	Y	Y	11
Silva et al. (27)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	ICS	Y	Y	Y	Y	11
Gepfert et al. (6)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	ICS	Y	Y	Y	Y	11
Gepfert et al. (5)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y		Y	Y	Y	Y	12
Krzysztofik et al. (11)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y		Y	Y	Y	Y	12
Krzysztofik et al. (12)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y		Y	Y	Y	Y	12
Krzysztofik et al. (10)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	ICS	Y	Y	Y	Y	11
Salarolli et al. (23)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	ICS	Y	Y	Y	Y	11
Tsoukos et al. (31)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	ICS	Y	Y	Y	Y	11
Wilk et al. (34)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	ICS	Y	Y	Y	Y	11
Wilk et al. (35)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	ICS	Y	Y	Y	Y	11
Wilk et al. (33)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	ICS	Y	Y	Y	Y	11
Wilk et al. (37)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y		Y	Y	Y	Y	12

CASP = critical appraisal skills program.

1: Did this study address a clearly focused issue? 2: Was the cohort recruited in an acceptable way? 3: Was the exposure accurately measured to minimize bias? 4: Was the outcome accurately measured to minimize bias? 5a: Have the authors identified all important confounding factors? 5b: Have they taken account of the confounding factors in the design and/or analysis? 6a: Was the follow-up of subjects complete enough? 6b: Was the follow-up of subjects long enough? 7: What are the results of this study? 8: How precise are the results? 9: Do you believe the results? 10: Can the results be applied to the local population? 11: Do the results of this study fit with other available evidence? 12: What are the implications of this study for practice? Y: yes; ICS: I cannot say.

The performance of the movement with the traditional distance of the hands on the bar allowed the use of greater load in the 1RM test, which may be the explanation for this change in time because there was no difference in the distance traveled by the bar.

**Range of motion.** Two studies (10,12) analyzed the TUT in the bench press using a completely straight bar and a cambered bar that allows a greater range of motion because its shape has a curve in an individual's trunk region. Krzysztofik et al. (12) performed this analysis with the intensity at 50% of 1RM and the highest possible velocity of execution and found a longer total TUT with the use of the cambered bar. The difference in range of motion between the 2 bars causes

the load used to be different, with less load for the cambered bar. Lower loads tend to demonstrate longer total TUT, which may explain this result.

Krzysztofik et al. (10) used 50% of 1RM, but with 2 seconds for the eccentric phase and the highest possible velocity in the concentric phase (<1.5 seconds) and found a higher concentric TUT for the cambered bar, but a higher eccentric TUT for the straight bar. There was no difference in total TUT, even with these differences in TUT between phases. The different study designs of those 2 studies (10,12), in which the first has a fixed number of repetitions, and in the second, the individuals should perform the movement until failure, with 2 seconds of control in the eccentric phase may explain the divergence of results found. Even with no difference in total TUT between the 2

conditions, Krzysztofik et al. (10) found greater repetitions using the straight bar. Thus, only using the number of repetitions as a training volume control variable may not be as accurate. The different ranges of motion because of different bars affected the number of repetitions but not total TUT nor total load displacement. Therefore, the TUT is suggested as a more accurate indicator of training volume (10).

Some limitations of the present systematic review should be mentioned. The number of male individuals was higher when compared with female individuals. This limits the results from being generalized to the female population. Moreover, we only included studies with individuals with recreational experience in RT, which limits the extrapolation of data to untrained individuals and high-performance athletes. Furthermore, TUT was analyzed only in one upper limb multijoint exercise and in cohort studies. Thus, it was not possible to analyze the behavior of TUT in longitudinal studies.

**CONCLUSION**

The studies investigated in the present review showed that the behavior of the TUT in the bench press exercise varies according to the training protocol and method used. We observed differences between the number of repetitions and TUT in some conditions, such as the protocol with PAPE, different bar shapes, different cadences, and during load tests. This shows the divergence of these 2 variables as metrics for quantifying the training volume.

Furthermore, it is suggested that further studies be performed to analyze the behavior of TUT with blood flow restriction, in the performance of other multijoint and single-joint exercises of upper and lower limbs, with different populations, and in studies that include interventions.

**PRACTICAL APPLICATIONS**

From the conditions shown in this paper, it is possible to predict the probable behavior of TUT according to the prescription model of the bench press

## Time Under Tension in Bench Press Exercise

exercise. In an exercise performed at maximum speed to concentric failure, different loads affect the number of repetitions and TUT. Under these conditions, lower loads seem to increase the TUT. This increase also occurred in slower cadences (regardless of the execution time of the concentric phase), with higher blood flow restriction pressures and PAPE. By contrast, the position of the hands on the bar did not change the TUT when the load was equalized by the percentage of 1RM. The behavior of the number of repetitions and TUT may present differences in the performance of the same training protocol.

*Conflicts of Interest and Source of Funding:* The authors report no conflicts of interest and no source of funding.



Giulio César Pereira

**Giulio César Pereira**  
**Mallen da Silva** is a master's degree student at Postgraduate Program in Exercise & Sport Sciences in Rio de Janeiro State University.



**Vicente Pinheiro Lima** is a professor at Postgraduate Program in Exercise & Sport Sciences in Rio de Janeiro State University.



**Andressa Oliveira Barros dos Santos** is a PHD student at Postgraduate Program in Exercise & Sport Sciences in Rio de Janeiro State University.



**Juliana Brandão Pinto de Castro** is a PHD at Postgraduate Program in Exercise & Sport Sciences in Rio de Janeiro State University.



**Yuri Rolim Lopes Silva** is a master's degree student at Postgraduate Program in Exercise & Sport Sciences in Rio de Janeiro State University.



**Guilherme Rosa** is a professor at Department of Physical Education and Sports in Federal Rural University of Rio de Janeiro.



**Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes** is a professor at Postgraduate Program in Exercise & Sport Sciences in Rio de Janeiro State University.



**Rodrigo Gomes de Souza Vale** is a professor at Postgraduate Program in Exercise & Sport Sciences in Rio de Janeiro State University.

### REFERENCES

1. Brown N, Bichler S, Alt W. Detecting repetitions and time features in resistance training using triaxial accelerometry. *Sports Technol* 8: 35–43, 2015.
2. Cintineo HP, Freidenreich DJ, Blaine CM, et al. Acute physiological responses to an intensity-and time-under-tension-equated single- vs. multiple-set resistance training bout in trained men. *J Strength Cond Res* 32: 3310–3318, 2018.
3. *Critical Appraisal Skills Programme* [internet]. Available at: <http://www.casp-uk.net/casp-tools-checklists>. Accessed April 15, 2021.
4. García-Ramos A, Pestaña-Melero FL, Pérez-Castilla A, Rojas FJ, Haff GG. Differences in the load-velocity profile between 4 bench-press variants. *Int J Sports Physiol Perform* 13: 326–331, 2018.
5. Gepfert M, Jarosz J, Wojdala G, et al. Acute impact of blood flow restriction on strength-endurance performance during the bench press exercise. *Biol Sport* 38: 653–658, 2021.
6. Gepfert M, Krzysztofik M, Filip A, et al. Effect of grip width on exercise volume in bench press with a controlled movement tempo in women. *Baltic J Health Phys Activity* 11: 11–18, 2019.
7. Hatfield DL, Kraemer WJ, Spiering BA, et al. The impact of velocity of movement on performance

- factors in resistance exercise. *J Strength Cond Res* 20: 760–766, 2006.
8. Jambassi Filho JC, Gurjão ALD, Prado AK, Gallo LH, Gobbi S. Acute effects of different rest intervals between sets of resistance exercise on neuromuscular fatigue in trained older women. *J Strength Cond Res* 34: 2235–2240, 2020.
  9. Janicijevic D, González-Hernández JM, Gu Y, Garcia-Ramos A. Differences in the magnitude and reliability of velocity variables collected during 3 variants of the bench press exercise. *J Sports Sci* 38: 759–766, 2020.
  10. Krzysztofik M, Matykiewicz P, Filip-Stachnik A, et al. Range of motion of resistance exercise affects the number of performed repetitions but not a time under tension. *Sci Rep* 11: 14847, 2021.
  11. Krzysztofik M, Wilk M, Filip A, et al. Can post-activation performance enhancement (PAPE) improve resistance training volume during the bench press exercise? *Int J Environ Res Public Health* 17: 2554, 2020.
  12. Krzysztofik M, Zajac A, Żmijewski P, Wilk M. Can the cambered bar enhance acute performance in the bench press exercise? *Front Physiol* 11: 577400, 2020.
  13. Lacerda LT, Martins-Costa HC, Diniz RCR, et al. Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. *J Strength Cond Res* 30: 251–258, 2016.
  14. Lockie RG, Callaghan SJ, Moreno MR, et al. Relationships between mechanical variables in the traditional and close-grip bench press. *J Hum Kinetics* 60: 19–28, 2017.
  15. Maszczyk A, Wilk M, Krzysztofik M, et al. The effects of resistance training experience on movement characteristics in the bench press exercise. *Biol Sport* 37: 79–83, 2020.
  16. McBride JM, McCauley GO, Cormie P, et al. Comparison of methods to quantify volume during resistance exercise. *J Strength Cond Res* 23: 106–110, 2009.
  17. Miranda H, Figueiredo T, Rodrigues B, Paz GA, Simao R. Influence of exercise order on repetition performance among all possible combinations on resistance training. *Res Sports Med* 21: 355–366, 2013.
  18. Padulo J, Laffaye G, Chaouachi A, Chamari K. Bench press exercise: The key points. *J Sports Med Phys Fitness* 55: 604–608, 2015.
  19. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 372: n71, 2021.
  20. Pérez-Castilla A, Comfort P, McMahon JJ, Pestana-Melero FL, Garcia-Ramos A. Comparison of the force-velocity- and power-time curves between the concentric-only and eccentric-concentric bench press exercises. *J Strength Cond Res* 34: 1618–1624, 2020.
  21. Pinto JLC, Ambrósio M, Lima VP, et al. Maximum repetitions and time under tension between multiarticular orders to monoarticular and monoarticular to multiarticular in resisted exercises. *Rev Cienc Act Fis* 19: 1–11, 2018.
  22. Rathleff MS, Thorborg K, Bandholm T. Concentric and eccentric time-under-tension during strengthening exercises: Validity and reliability of stretch-sensor recordings from an elastic exercise-band. *PLoS One* 8: e68172, 2003.
  23. Salarolli LCW, Barros RMB, Silva JB, et al. Comparison of time under tension, repetition maximum and electromyographic activity in bench press exercise in different speeds execution. *Gazz Med Ital* 177: 637–644, 2018.
  24. Sánchez-Medina L, González-Badillo JJ. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 43: 1725–1734, 2011.
  25. Schoenfeld BJ, Grgic J, Van Every DW, Plotkin DL. Loading recommendations for muscle strength, hypertrophy, and local endurance: A re-examination of the repetition continuum. *Sports* 9: 32, 2021.
  26. Silva JB, Lima VP, Castro JBP, et al. Analysis of myoelectric activity, blood lactate concentration and time under tension in repetitions maximum in the squat exercise. *J Phys Educ Sport* 18: 2478–2485, 2018.
  27. Silva JB, Lima VP, Novaes JS, et al. Time under tension, muscular activation, and blood lactate responses to perform 8, 10, and 12RM in the bench press exercise. *J Exerc Physiol* 20: 41–54, 2020.
  28. Silva JB, Lima VP, Paz GA, et al. Determination and comparison of time under tension required to perform 8, 10 and 12-RM loads in the bench press exercise. *Biomed Hum Kinetics* 8: 153–158, 2016.
  29. Smith TO, Davies L, de Medici A, et al. Prevalence and profile of musculoskeletal injuries in ballet dancers: A systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport* 19: 50–56, 2016.
  30. Tran QT, Docherty D, Behm D. The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. *Eur J Appl Physiol* 98: 402–410, 2006.
  31. Tsoukos A, Brown LE, Terzis G, et al. Changes in EMG and movement velocity during a set to failure against different loads in the bench press exercise. *Scand J Med Sci Sports* 31: 2071–2082, 2021.
  32. Wernbom M, Järrebring R, Andreasson MA, Augustsson J. Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and endurance during fatiguing dynamic knee extensions at low load. *J Strength Cond Res* 23: 2389–2395, 2009.
  33. Wilk M, Gefert M, Krzysztofik M, et al. The influence of grip width on training volume during the bench press with different movement tempos. *J Hum Kinetics* 68: 49–57, 2019.
  34. Wilk M, Golas A, Stastny P, et al. Does tempo of resistance exercise impact training volume? *J Hum Kinetics* 62: 241–250, 2018.
  35. Wilk M, Stastny P, Golas A, et al. Physiological responses to different neuromuscular movement task during eccentric bench press. *Neuro Endocrinol Lett* 39: 26–32, 2018.
  36. Wilk M, Krzysztofik M, Filip A, et al. Short-term blood flow restriction increases power output and bar velocity during the bench press. *J Strength Cond Res* 36: 2082–2088, 2022.
  37. Wilk M, Krzysztofik M, Filip A, Lockie RG, Zajac A. The acute effects of external compression with blood flow restriction on maximal strength and strength-endurance performance of the upper limbs. *Front Physiol* 11: 567, 2020.
  38. Wilk M, Krzysztofik M, Petr M, et al. The slow exercise tempo during conventional squat elicits higher glycolytic and muscle damage but not the endocrine response. *Neuro Endocrinol* 41: 301–307, 2020.
  39. Wong V, Yamada Y, Bell ZW, et al. Postactivation performance enhancement: Does conditioning one arm augment performance in the other? *Clin Physiol Funct Imaging* 40: 407–414, 2020.

## 2 ARTIGO 2 - INFLUENCE OF DIFFERENT RECOVERY INTERVALS ON TIME UNDER TENSION, TOTAL TRAINING VOLUME, AND FATIGUE INDEX IN HORIZONTAL BENCH PRESS EXERCISE IN YOUNG MALE WRESTLING ATHLETES

### Abstract

This study investigated the influence of different recovery intervals on time under tension (TUT), total training volume (TTV), and fatigue index (FI) in the horizontal bench press exercise. Eighteen male wrestling athletes (age:  $22.33 \pm 3.5$  years; body mass:  $78.5 \pm 12.65$  kg; height:  $1.73 \pm 0.07$  m; wingspan:  $1.78 \pm 0.07$  m) underwent three visits: 1<sup>st</sup>) performed the 10-repetition maximum (10RM) test; 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup>) performed 5 sets of up to 10 repetitions with 1 minute (RI1) and 3 minutes (RI3) of passive recovery interval with randomized entry. TUT and the number of repetitions were recorded. TTV and FI were calculated according to the collected data. TUT was lower in sets 5 ( $p < 0.001$ ) for RI1 when compared to RI3, with no significant difference for the other 4 sets. The number of repetitions for RI1 was lower when compared to RI3 in sets 3 ( $p = 0.018$ ), 4 ( $p = 0.023$ ), and 5 ( $p < 0.001$ ), with no significant difference in sets 1 and 2. The FI was significantly higher for RI1 ( $p < 0.001$ ); however, TTV was significantly higher for RI3 ( $p = 0.007$ ). Different recovery intervals influenced the TUT and the number of repetitions along 5 sets in the horizontal bench press exercise. Moreover, these two variables showed different behavior when compared under the same condition (RI1 or RI3), especially after the third set. Using longer recovery intervals demonstrated a greater ability to maintain TTV and less negative effect of fatigue in young male wrestling athletes.

**Keywords:** resistance training, time under tension, number of repetitions, rest interval between sets, bench press, repetition duration.

### Highlights

- Time under tension (TUT) and number of repetitions of subsequent sets are influenced by different rest intervals.
- For the same recovery interval, the TUT and the number of repetitions showed different behavior along the sets.
- Using longer recovery intervals demonstrated greater ability to maintain total training volume (TTV) and less negative effect of fatigue.
- Positive relationships between TTV, TUT, and number of repetitions were found for the 1- and 3-minutes recovery intervals, which may be an indication for using the TUT to quantify the training volume.

### Introduction

Resistance training is a type of physical exercise used as an efficient strategy to provide structural and functional changes in the neuromuscular system, improving quality of life and athletic performance (Suchomel et al., 2016; Oliveira et al., 2016). For this, training-related variables such as intensity, number of repetitions, range of motion, type of exercise, order of exercises, movement velocity, and recovery interval need to be controlled and



manipulated (Martins-Costa et al., 2021; Schoenfeld et al., 2019). In a resistance training session, the training volume is significant for chronic muscle adaptations to occur, such as an increase in the muscle cross-sectional area and the capacity to produce force (Suchomel et al., 2018).

The total training volume (TTV) can be determined by calculating:  $TTV = \text{total number of repetitions} \times \text{external load}$ . This formula is considered easy to apply due to the feasibility of recording this information in everyday practice (McBride et al., 2009). Therefore, professionals can reliably monitor the stimulus increment and compare it between different planning blocks without difficulties (Baz-Valle; Fontes-Villalba; Santos-Concejero, 2018).

Another way to quantify the training volume is from the time under tension (TUT), a variable determined by the execution time of a certain movement or repetition of an exercise (Salarolli et al., 2017). Training protocols with the same load percentage, same recovery interval, and a different number of repetitions, however, equalized by TUT, demonstrated similar results in strength gains and muscle hypertrophy (Martins-Costa et al., 2021).

The recovery interval seems to be a variable closely related to the training volume since it can determine the performance of a greater or lesser number of repetitions after this rest time (Tibana et al., 2013). Selecting enough interval time for the next series seems to be essential for maintaining the training volume, according to the objective to be achieved (Willardson; Burkett, 2008) due to its influence on muscle recovery and metabolic responses. Shorter recovery intervals ( $\leq 1$  minute) may cause greater fatigue effects (Grgic et al., 2017; Cardoso et al., 2021).

Thus, a resistance training program needs to be designed from defined physiological parameters to achieve specific objectives. For this, monitoring, manipulating, and quantifying the training variables and how their relationships affect the results of this training becomes necessary. From this understanding, the present study aimed to analyze the influence of different recovery intervals on TUT, TTV, and fatigue index in the horizontal bench press exercise.

## **Materials and methods**

### ***Study design***

This is an experimental study with the manipulation of a variable to assess the effect on other variables (Thomas; Nelson; Silverman, 2012). All recommendations of the ethical

regulation provided by Resolution 466/12 of the Brazilian National Health Council were respected. The present study was approved by the research ethics committee under number 46402621.8.0000.8144.

### ***Participants***

The sample consisted of high-performance wrestling athletes residing in the city of Rio de Janeiro, Brazil (mean  $\pm$  standard deviation; age:  $22.33 \pm 3.5$  years, body mass:  $78.5 \pm 12.65$  kg, height:  $1.73 \pm 0.07$  m; armspan:  $1.78 \pm 0.07$  m). The inclusion criteria adopted was that all participants perform resistance training with the use of bench press in their training programs for at least 6 months, with a minimum frequency of twice a week. We excluded participants who: a) had any type of disorder or pain signal that would change their performance on the tests or put them at risk; b) responded positively to at least one item of the *Physical question Activity Readiness Questionnaire* (PAR-Q) (Thomas; Reading; Shephard, 1992).

### ***Sample size***

The G\*Power software version 3.1.9.4 (Faul et., 2007) was used to estimate the sample size with the input of information: ANOVA with effect size = 0.25, alpha = 0.05, power = 0.80, number of measures = 5, and correlation between measures = 0.05. The sample size calculated with this information was a total of 11 participants. Data collection was carried out with 20 athletes, to guarantee the amount determined by G\*Power, considering the possibility of sample loss. Of the 20 participants, two were discarded throughout the procedures for not attending all visits. As a result, 18 athletes had their data used ( $\cong$  63% more than stipulated) (Beck, 2013).

### ***Procedures***

#### ***Anthropometric data***

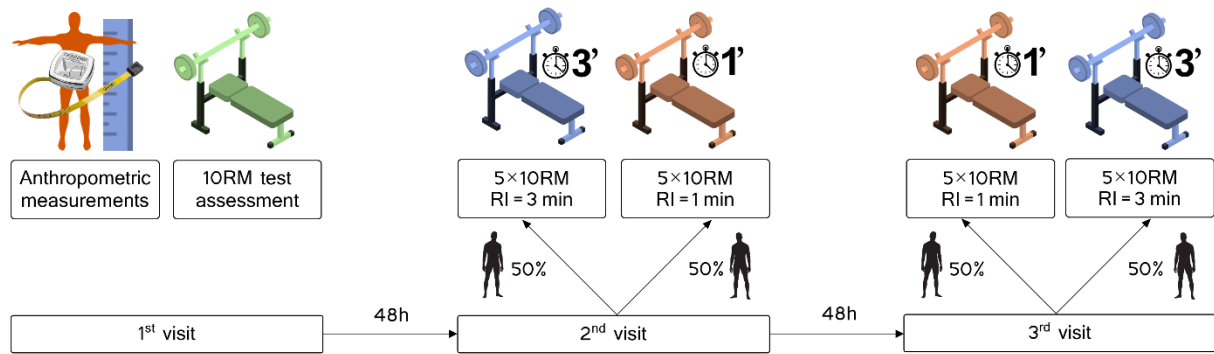
The collection of the necessary data was carried out in three visits. On the first visit, the participants performed the 10-repetition maximum (10RM) test in the bench press exercise to obtain the load used during the intervention. Moreover, they answered the PAR-Q and signed the informed consent form. After this, anthropometric data were collected to characterize the studied sample. The wingspan data were recorded using a malleable anthropometric measuring tape of the brand CESCORF (Porto Alegre, Brazil). Height and

body mass were collected using a mechanical scale with a stadiometer from Filizola® PL – 150 n° 8346/97 (São Paulo, Brazil). One single experienced evaluator (ICC > 0.90) performed the measurements of all participants (Marfell-Jones; Stewart; Ridder, 2012).

#### *Ten-repetition maximum test*

To start the 10RM test, a warm-up was performed with two sets of 15 and 12 repetitions, respectively, with a 1-minute recovery interval between sets and progression from 40% to 50% of the estimated load for 10RM. After that, a 3-minute recovery interval was established for the first attempt to find the 10RM load. The test indicates a limit of up to three daily attempts to reach this value, using a 5-minute recovery interval between each attempt. If the load value is not found, a new test day must be performed, with an interval of 48 hours. At the end of the test, the load found was registered according to the maximum value obtained in the performance of 10RM, with failure on the eleventh attempt. This failure determines that the load used is considered maximum according to the number of repetitions to be achieved (Brown, 2017).

On the second and third days of the visit, interventions of 5 sets of up to 10 repetitions were performed with the load found in the 10RM test, with 1 minute and 3 minutes of passive recovery interval, in which the participant remained seated on the bench press. In the two days of intervention, the first set necessarily had to have 10RM without the ability to perform the eleventh repetition to guarantee the fidelity of the 10RM test. From the second set onwards, all participants were encouraged to perform as many repetitions as possible until concentric muscle failure occurred or reached 10 repetitions. The number of repetitions achieved in each set was recorded. All participants performed the two interventions, one in each visit, with a drawn order using the random function of the Microsoft Excel version 2211 software (Microsoft Office, USA), which randomly selects at least two different values. All visits were at least 48 hours apart (Figure 1).



**Figure 1.** Experimental design.

RM: repetition maximum; RI: recovery interval; ': minute(s).

The horizontal bench press exercise was performed both for the 10RM test and for the two interventions. The participant began the exercise completely lying down on the horizontal bench and kept the head and hips against the bench, knees flexed, and feet pressed against the ground throughout the exercise. In the initial phase of the movement, the elbows should be in full extension. In the final phase of the movement, the hands should touch the range limiter placed to standardize 90° of elbow flexion. The entire movement was performed in such a way as to reach these two positions at each repetition and at the highest possible speed that the participant could perform. Trained evaluators were located on each side of the bench to guarantee safety in case of possible concentric muscle failure (Silva et al., 2016).

### *Fatigue index*

The fatigue index (FI) represented the index of decline strength between the first and the fifth set in the bench press exercise according to Salvador et al. (2009):

$$FI = [(S_{(1st\ series)} - S_{(5th\ series)}) / S_{(1st\ series)}] \times 100\%$$

in which FI = fatigue index; S = strength (load lifted × number of repetitions executed during the sets).

### *Total training volume*

The TTV was calculated by the number of repetitions performed in each series multiplied by the displaced mass (load used) (TTV = total number of repetitions × external load). From this calculation, it is possible to obtain an absolute value, expressed in kilograms,

which can estimate the mechanical work performed during resistance training, as well as the associated physiological stress (Marston et al. 2017; McBride et al., 2009).

#### *Time under tension*

The TUT was analyzed from the images captured by a smartphone, which recorded the entire intervention. The device was supported on a tripod positioned 3 meters away, perpendicular to the bench press. In this way, it was possible to ensure that all movement was captured by the smartphone. Retroreflective markers (Noraxon Inc., USA) measuring approximately 19 mm in diameter were used on the wrists, elbows, and shoulders to facilitate image analysis in order to determine the initial and final position of each movement. All images were analyzed using the Kinovea 0.8.27 software, which demonstrates an acceptable level of precision in angular and linear analyzes of the X and Y axes, acquired digitally (Silva et al., 2017).

#### *Data analysis*

The collected data were analyzed using the IBM SPSS *Statistics* 25 software and presented as mean, standard deviation, and minimum and maximum values. The Shapiro-Wilk and Levene tests were used to analyze data normality and homogeneity. The factorial analysis of variance (ANOVA) (condition *vs.* sets), with adjusted Bonferroni post-hoc, was applied to evaluate possible differences between the variables TUT and the number of repetitions during sets in both conditions (RI1 and RI3). Student's t-test for dependent samples was used to compare the FI and TTV variables between conditions. Additionally, Pearson's correlation test was performed between variables studied to analyze possible associations. The value of  $p < 0.05$  was considered for statistical significance.

#### **Results**

Table 1 presents the sample characteristics of the present study, with data on age, body mass, height, wingspan, load, and the distance between the starting and ending points of the bar movement during the exercise.

**Table 1.** Characterization of the sample group (n = 18).

<b>Variables</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
Age (years)	22.33	3.5	19	32
Body mass (kg)	78.5	12.65	58.1	107.65

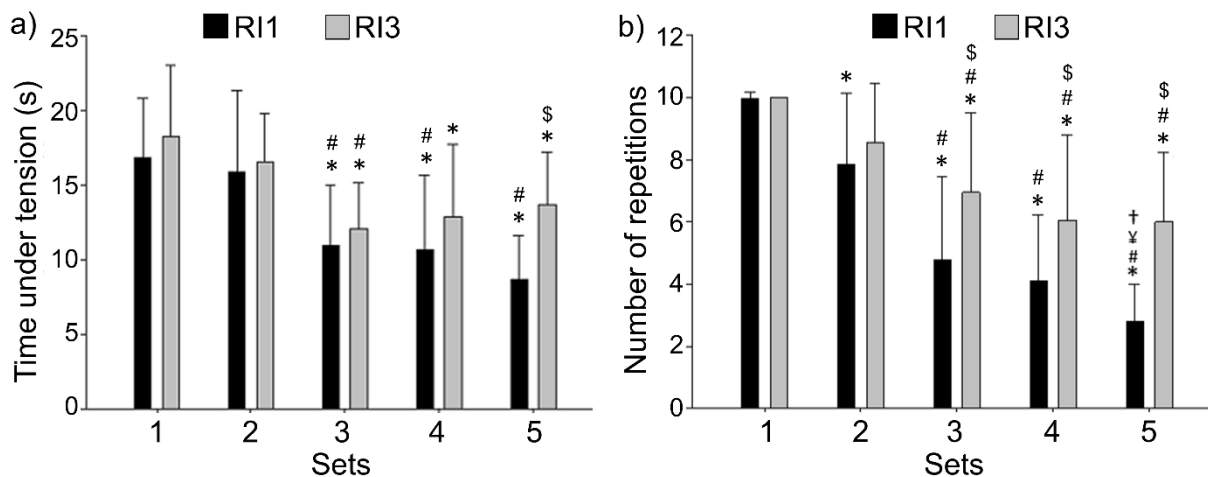
Height (m)	1.73	0.07	1.56	1.83
Wingspan (m)	1.78	0.07	1.64	1.88
Load in 10RM (kg)	82.33	13.36	60	100

SD: standard deviation; 10RM: ten repetition maximum; kg: kilogram; m: meter.

Figure 2 shows the results of the TUT analysis and the number of repetitions. From the performance of the factorial Analysis of Variance (ANOVA), it was possible to observe the effect of the five sets of the bench press exercise on the TUT [ $F(2.866;97.427) = 21.282$ ;  $p < 0.001$ ] and the number of repetitions [ $F(3.228;109.747) = 85.283$ ;  $p < 0.001$ ].

TUT was lower in series 5 ( $p < 0.001$ ) for RI1 compared to RI3 and showed no significant difference for the other 4 series between conditions. The number of repetitions found for RI1 was lower compared to RI3 in sets 3 ( $p = 0.018$ ), 4 ( $p = 0.023$ ), and 5 ( $p < 0.001$ ), with no difference between the conditions in sets 1 and 2.

In the results, the TUT in RI1 was lower in series 3, 4, and 5 compared to series 1 ( $p = 0.002$ ;  $p = 0.014$ ;  $p < 0.001$ ) and 2 ( $p = 0.001$ ;  $p = 0.004$ ;  $p < 0.001$ ). For RI3, the TUT showed lower values for series 3, 4, and 5 compared to series 1 ( $p = 0.001$ ;  $p = 0.047$ ;  $p = 0.020$ ). However, only series 3 showed a reduction in TUT compared to series 2 ( $p = 0.005$ ). Regarding the number of repetitions, RI1 showed lower values in series 2, 3, 4, and 5 compared to series 1 ( $p = 0.002$ ;  $p < 0.001$ ;  $p < 0.001$ ;  $p < 0.001$ ), in series 3, 4, and 5 compared series 2 ( $p < 0.001$ ;  $p < 0.001$ ;  $p < 0.001$ ), and series 5 compared series 3 ( $p = 0.006$ ) and 4 ( $p = 0.012$ ). In RI3, the number of repetitions was lower in series 3, 4, and 5 compared to series 1 ( $p < 0.001$ ;  $p < 0.001$ ;  $p < 0.001$ ) and 2 ( $p = 0.027$ ;  $p < 0.001$ ;  $p < 0.001$ , respectively), but without significant difference between them.



**Figure 2.** Results analysis of the influence of recovery intervals on TUT and the repetitions number.

Graph (a) demonstrates RI1 and RI3 effects upon TUT. Graph (b) demonstrates RI1 and RI3 effects upon number of repetitions.

s: seconds; RI1: 1-minute recovery interval; RI3: 3-minutes recovery interval; \*: significant difference compared to the 1<sup>st</sup> sets; #: significant difference compared to the 2<sup>nd</sup> sets; ¥: significant difference compared to the 3<sup>rd</sup> sets; †: significant difference compared to 4<sup>th</sup> set; \$: significant difference between conditions (RI1 vs. RI3);  $p < 0.05$ .

In table 2, it is possible to observe the result of the comparison between RI1 and RI3 in the variables FI and TTV, calculated based on the load and number of repetitions. The FI showed a higher value for RI1, while TTV showed a higher value for RI3.

**Table 2.** Comparative result of FI and TTV between RI1 and RI3.

	RI1	RI3	p-value
FI (%)	0.72 ± 0.12	0.4 ± 0.22	<0.001
TTV (kg)	2416.44 ± 616.67	3061 ± 716.41	0.007

#: percentage, kg: kilogram; RI1: 1-minute recovery interval; RI3: 3-minutes recovery interval; TTV: total training volume; IF: fatigue index;  $p < 0.05$ .

Data from the association analysis between the study variables are presented in table 3 (RI1) and table 4 (RI3). For RI1, positive correlations were found between TTV and TUT, TTV and the number of repetitions, and between TUT and the number of repetitions. In addition to these, a negative correlation was found between FI and TUT and between FI and TTV. This means that the higher the TTV, the higher the TUT and the number of repetitions; the higher the TUT, the higher the number of repetitions, and the higher the FI, the lower the TUT and the TTV.

For RI3, positive correlations were found between TTV and TUT and TTV and the number of repetitions. Furthermore, a negative correlation was found between FI and TTV and between FI and the number of repetitions. This means that the higher the TTV, the higher the TUT and the number of repetitions, and the higher the FI, the lower the TTV and the number of repetitions.

**Table 3.** Correlation analysis of RI1 variables.

		FI	TTV	TUT
TTV	r	-0.702		
	p-value	0.001*		
TUT	r	-0.595	0.661	
	p-value	0.009*	0.003*	
REP	r	-0.421	0.650	0.623
	p-value	0.082	0.003*	0.006*

FI: fatigue index; TTV: total training volume; TUT: mean time under tension; REP: average number of repetitions; \*:  $p < 0.05$ .

**Table 4.** Correlation analysis of RI3 variables.

		FI	TTV	TUT
TTV	r	-0.524		
	p-value	0.026*		
TUT	r	-0.282	0.643	
	p-value	0.256	0.004*	
REP	r	-0.786	0.698	0.457
	p-value	<0.001*	0.001*	0.056

FI: fatigue index; TTV: total training volume; TUT: mean time under tension; REP: average number of repetitions; \*:  $p < 0.05$ .

## Discussion

The present study aimed to analyze the influence of different recovery intervals on the TUT, TTV, and FI in the bench press exercise. The results showed a reduction in the TUT from the third set onward. However, after the third series, the two conditions (RI1 and RI3) showed a difference in the behavior of this variable. In the RI1 condition, the last three sets did not differ from each other, that is, the TUT remained lower than the first two in a similar way. As for the RI3 condition, the results demonstrate that, after the third series, the TUT showed a tendency towards a slight increase, but not enough to return to the values found in the first series performed. This difference in TUT behavior between conditions after the third set was demonstrated in the discrepancy between the last set, in which RI3 showed greater TUT than RI1.

From these results, it is possible to observe that the recovery interval influences the TUT of the subsequent set, so that the two intervals affected the maintenance of the TUT throughout the series, but RI1 showed a more prominent effect when compared to RI3. This behavior was also observed in the study by Jambassi Filho et al. (2013), in which the shorter recovery interval (1 minute) presented a lower TUT compared to the longer recovery interval (3 min). Longer recovery intervals can benefit the mechanical stimulus from resistance training from the increase in TUT, even without modifying the load (Jambassi Filho et al., 2013).

Regarding the number of repetitions, both conditions showed a reduction in performance, but in different ways. In the RI1 condition, there was a reduction in the number of repetitions from the second set, with a sharp decrease from the third set. In this condition, the fifth set showed lower values than all previously performed sets, which shows the exacerbated decline in the number of repetitions. The RI3 condition showed a smaller reduction than the RI1 condition. In the RI3 condition, no difference was shown between the



first two sets, but the final three sets obtained similar values of reduction in the number of repetitions compared to the first two. Due to this discrepancy in the behavior of the number of repetitions between the conditions, it is possible to observe a difference in the number of repetitions between RI1 and RI3 for the last three sets. These results converge with the findings of Matos et al. (2018), who compared the use of 60-, 90-, and 120-seconds recovery intervals with the same load, in separate sessions of resistance training and which were performed up to 8RM previously measured or until concentric muscle failure. As a result, a greater number of repetitions was found in the 120-second recovery interval compared to the 90 and 60-second intervals, in addition to a greater number of repetitions for the 90-second interval compared to the 60-second interval. This demonstrates that, for the same load condition, the shorter the recovery interval between sets, the lower the ability to perform new repetitions in the sets after the rest period, due to greater loss of muscle function (Matos et al., 2018).

The result found in the present study on the behavior of the TUT and the number of repetitions along the sets differed from each other. In the RI3 condition, the two variables (TUT and the number of repetitions) showed lower values from the third set onwards; however, the number of repetitions showed a similar behavior until the fifth set, and the TUT increased again, even if not enough to return to the value of the first set. In the RI1 condition, there was a reduction in the number of repetitions from the first to the fifth set, only with no difference between sets 3 and 4. For the same condition, but different in the number of repetitions, the TUT only showed a reduction from the second to the third set, with no difference between sets 1 and 2 and between sets 3, 4, and 5. This variation in the behavior of the TUT and the number of repetitions along the sets can be explained by the effect of accumulated fatigue, which alters the duration of the repetitions and, with this, their quantity, in addition to the total TUT of the sets. With the same load, the number of possible repetitions to be performed decreases, while the duration of each repetition increases (Wilk et al., 2020). This change in the duration of the repetitions because of fatigue happens from the change in the speed of movement that the load is displaced since the load determines the execution time of each repetition (Coratella et al., 2022; Padulo et al., 2015). Sakamoto and Sinclair (2006) and Wilk et al. (2018) analyzed the number of repetitions in exercises until concentric muscle failure and in different durations of movement. Their results showed that distinct cadences can present the same number of repetitions. This result tends to happen when these cadences are close to each other. Wilk et al. (2018) demonstrated this at slower cadences (5/0/3/0 and

6/0/4/0) and Sakamoto and Sinclair (2006) at faster cadences and the maximum possible speed (1.4/0/1.4/0; 1/0/1/0 and X/0/X/0).

The results found in the comparison between the RI1 and RI3 conditions corroborated the possible explanations about the effects of fatigue on the number of repetitions and the TUT. RI1 condition presented higher FI and lower TTV when compared to RI3. A higher TTV is considered relevant for a chronic increase in the levels of force production and hypertrophy (Schoenfeld et al., 2017). However, shorter recovery intervals showed lower TTV due to the decrease in the number of repetitions as a consequent effect of the accumulation of fatigue indicated by the higher FI for RI1. To maintain the same number of repetitions until the last set, it would be necessary to reduce the load, which would also decrease the TTV (Millender et al., 2021).

Similar correlations were found between RI1 and RI3, such as positive correlations between TTV and TUT and between TTV and the number of repetitions. These results demonstrate that the higher the TTV value, the higher the TUT values and the number of repetitions performed. This may be an indication of the use of these three variables (TTV, TUT, and the number of repetitions) as ways of quantifying the training volume since the three showed similar behavior. Despite this, only in the RI3 condition was there a positive correlation between the TUT and the number of repetitions. McBride et al. (2009) compared 3 different training volume quantification methods using external load: TTV (number of repetitions  $\times$  external load), total work (strength [N]  $\times$  displacement [m]), and TUT (duration of the concentric phase + duration of eccentric phase) and demonstrated that total work is the most reliable way to quantify training volume. However, measuring and controlling the exact distance that the load will move to perform the calculation later is not practical to apply in gyms and training centers. Therefore, the TTV and TUT demonstrate the possibility of being used due to their ease of practical application (McBride et al., 2009). Furthermore, both conditions (RI1 and RI3) showed a negative correlation between FI and TTV. This demonstrates that a higher FI is related to a lower TTV achieved. In the RI1 condition, there was a negative correlation between FI and TUT, and, in the RI3 condition, there was a negative correlation between FI and the number of repetitions. These results referring to the inverse relation of the FI with variables related to the training volume demonstrate the effect of fatigue on the ability to maintain the amount of work performed over time.

### **Limitations and future research**

The study had limitations, such as the sample being composed only of young high-performance male athletes with experience in resistance training. Thus, it is not possible to extrapolate these results to women, to other levels of trainability, and other age groups. Another limitation was that the study analyzed the bench press exercise. Thus, it was not possible to extend the results to other exercises. It is recommended to perform new studies that investigate different samples, exercises, and intensities, in addition to different instruments for evaluating related variables, such as salivary or serum biochemical analysis.

### **Conclusion**

The study showed that different recovery intervals influence the TUT and the number of repetitions over 5 sets in the horizontal bench press exercise. It was shown that, regardless of the recovery interval, the third set was a point of a marked reduction in the performance of these two variables. Despite that, the TUT and the number of repetitions showed different behavior when compared under the same condition (RI1 or RI3), mainly after the third set. Using longer recovery intervals demonstrated a greater ability to maintain TTV and less negative effect of fatigue. Relationships were found between the variables for the two conditions, showing that the higher the TTV, the higher the TUT and the number of repetitions, in addition to the lower FI. Only in the RI1 was found that the higher the FI, the lower the TUT. Additionally, the higher the TUT, the greater the number of repetitions. However, for RI3, it was demonstrated that the higher the FI, the lower the number of repetitions.

### **References**

- BAZ-VALLE, E.; FONTES-VILLALBA, M.; SANTOS-CONCEJERO, J. Total number of sets as a training volume quantification method for muscle hypertrophy: a systematic review. **J. Strength Cond. Res.**, v. 35, n. 3, p. 870-878, 2021.
- BECK, T. W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **J. Strength Cond. Res.**, v. 27, n. 8, p. 2323-2337, 2013.
- BROWN, L. E. **Strength Training**. National Strength and Conditioning Association. 2. ed. Champaign: Human Kinetics; 2017.
- CARDOSO, E. A.; BOTTARO, M.; JÚNIOR, V. R.; FERNANDES, A.; GENTIL, P.; PIMENTEL, D. M.; JÚNIOR, S. A. O.; CARREGARO, R. L. Acute Effects of different rest intervals between agonist-antagonist paired-sets in the neuromuscular system performance of young adults. **J. Bodyw. Mov. Ther.**, v. 28, p. 18-25, 2021.

CORATELLA, G. Appropriate reporting of exercise variables in resistance training protocols: much more than load and number of repetitions. **Sports Med. Open**, v. 8, n. 1, p. 99, 2022.

FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A. G.; BUCHNER, A. G\*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behav. Res. Methods**, v. 39, n. 2, p. 175-91, 2007.

GRGIC, J.; LAZINICA, B.; MIKULIC, P.; KRIEGER, J. W.; SCHOENFELD, B. J. The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. **Eur. J. Sport Sci.**, v. 17, n. 8, p. 983-993, 2017.

JAMBASSI FILHO, J. C.; GOBBI, L. T. B.; GURJÃO, A. L. D.; GONÇALVES, R.; PRADO, A. K. G.; GOBBI, S. Effect of different rest intervals, between sets, on muscle performance during leg press exercise, in trained older women. **J. Sports Sci. Med.**, v. 12, n. 1, p. 138-143, 2013.

MARFELL-JONES, M.; STEWART A. D.; RIDDER J. H. **International standards for anthropometric assessment**. Wellington, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2012.

MARSTON, K. J.; PEIFFER, J. J.; NEWTON, M. J.; SCOTT, B. R. A comparison of traditional and novel metrics to quantify resistance training. **Sci. Rep.**, v. 7, n. 1, p. 5606, 2017.

MARTINS-COSTA, H. C.; LACERDA, L. T.; DINIZ, R. C. R.; LIMA, V. F.; ANDRADE, A. G. P.; PEIXOTO, G. H. et al. Equalization of training protocols by time under tension determines the magnitude of changes in strength and muscular hypertrophy. **J. Strength Cond. Res.**, v. 36, n. 7, p. 1770-1780, 2021.

MARTINS-COSTA, H. C.; LANZA, M. B.; DINIZ, R. C. R.; LACERDA, L. T.; GOMES, M. C.; LIMA, F. V.; CHAGAS, M. H. The effect of different resistance training protocols equalized by time under tension on the force-position relationship after 10 weeks of training period. **Eur. J. Sport Sci.**, v. 22, n. 6, p. 846–856, 2021.

MATOS, F.; FERREIRA, B.; GUEDES, J.; SAAVEDRA, F.; REIS, V. M.; VILAÇA-ALVES, J. Effect of rest interval between sets in the muscle function during a sequence of strength training exercises for the upper body. **J. Strength Cond. Res.**, v. 35, n. 6, p. 1628-1635, 2021.

McBRIDE, J. M.; MCCAULLEY, G. O.; CORMIE, P.; NUZZO, J. L.; CAVILL, M. J.; TRIPLETT, N. T. Comparison of methods to quantify volume during resistance exercise. **J. Strength Cond. Res.**, v. 23, n. 1, p. 106-110, 2009.

MILLENDER, D. J.; MANG, Z. A.; BEAM, J. R.; REALZOLA, R. A.; KRAVITZ, L. The effect of rest interval length on upper and lower body exercises in resistance-trained females. **Int. J. Exerc. Sci.**, v. 14, n. 7, p. 1178-1191, 2021.

OLIVEIRA, A. S.; CORVINO, R. B.; CAPUTO, F.; AAGAARD, P.; DENADAI, B. S. Effects of fast-velocity eccentric resistance training on early and late rate of force development. **Eur. J. Sport Sci.**, v. 16, n. 2, p. 199-205, 2016.

PADULO, J.; LAFFAYE, G.; CHAOUACHI, A.; CHAMARI, K. Bench press exercise: the key points. **J. Sports Med. Phys. Fitness.**, v. 55, n. 6, p. 604-608, 2015.

SAKAMOTO, A.; SINCLAIR, P. Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. **J. Strength Cond. Res.**, v. 20, n. 3, p. 523-527, 2006.

SALAROLLI, L. C. W.; BARROS, R. M. B.; SILVA, J. B.; CARVALHO, I. L. S.; VALE, R. G. S.; NUNES, R. A. M.; CASTRO, J. B. P.; LIMA, V. P. Comparison of time under tension, repetition maximum and electromyographic activity in bench press exercise in different speeds execution. **Gazz. Med. Ital.**, v. 177, n. 11, p. 637-644, 2018.

SALVADOR, E. P.; DIAS, R. M. R.; GURJÃO, A. L. D.; AVELAR A.; PINTO L. G.; CYRINO, E. S. Effect of eight weeks of strength training on fatigue resistance in men and women. **Isokinet Exerc. Sci.**, v. 17, p. 101-106, 2009.

SCHOENFELD, B. J.; CONTRERAS, B.; KRIEGER, J.; GRGIC, J.; DELCASTILLO, K.; BELLIARD, R.; ALTO, A. Resistance training volume enhances muscle hypertrophy but not strength in trained men. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 51, n. 1, p. 94-103, 2019.

SCHOENFELD, B. J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. W. Does-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. **J. Sports Sci.**, v. 35, n. 11, p. 1073-1082, 2017.

SILVA, J. B.; LIMA, V. P.; NOVAES, J. S.; CASTRO, J. B. P.; NUNES, R. A. M.; VALE, R. G. S. Time under tension, muscular activation, and blood lactate responses to perform 8, 10, and 12RM in the bench press exercise. **J. Exerc. Physiol. Online**, v. 20, n. 6, p. 41-54, 2017.

SILVA, J. B.; LIMA, V. P.; PAZ, G. A.; OLIVEIRA, C. R.; D'URSO F.; NUNES, R. A. M.; CASTRO, J. B. P.; VALE, R. G. S. Determination and comparison of time under tension required to perform 8, 10 and 12-RM loads in the bench press exercise. **Biomed. Hum. Kinet.**, v. 8, p. 153-158, 2016.

SUCHOMEL, T. J.; NIMPFIUS, S.; BELLON, C. R.; STONE, M. H. The importance of muscular strength: training considerations. **Sports Med.**, v. 48, n. 4, p. 765-785, 2018.

SUCHOMEL, T. J.; NIMPFIUS, S.; STONE, M. H. The importance of muscular strength in athletic performance. **Sports Med.**, v. 46, n. 10, p. 1419-1449, 2016.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 6. Ed. Porto Alegre: Artmed; 2012.

THOMAS, S.; READING, J.; SHEPHARD, R. J. Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). **Can. J. Sport Sci.**, v. 17, n. 4, p. 338-45, 1992.

TIBANA, R. A.; VIEIRA, D. C. L.; TAJRA V.; BOTTARO, M.; SALLES, B. F.; WILLARDSON, J. M.; PRESTES, J. Effects of rest interval length on smith machine bench press performance and perceived exertion in trained men. **Percept. Mot. Skills**, v. 117, n. 3, p. 682-95, 2013.

WILK, M.; GOLAS, A.; STASTNY, P.; NAWROCKA, M.; KRZYSZTOFIK, M.; ZAJAC, A. Does tempo of resistance exercise impact training volume? **J. Human Kinet.**, v. 62, p. 241-250, 2018.

WILK, M.; TUFANO, J. J.; ZAJAC, A. The influence of movement tempo on acute neuromuscular, hormonal, and mechanical responses to resistance exercise—a mini review. **J. Strength Cond. Res.**, v. 34, n. 8, p. 2396-2383, 2020.

WILLARDSON, J. M.; BURKETT, L. N. The effect of different rest intervals between sets on volume components and strength gains. **J. Strength Cond. Res.**, v. 22, n. 1, p. 146-152, 2008.

### 3 ARTIGO 3 - ANÁLISE DO TEMPO SOB TENSÃO E VARIÁVEIS MECÂNICAS NO EXERCÍCIO SUPINO RETO EM DIFERENTES INTERVALOS DE RECUPERAÇÃO

#### RESUMO

**Objetivo:** Analisar o comportamento do tempo sob tensão, trabalho total, potência, velocidade média e número de repetições na realização do exercício supino reto com diferentes intervalos de recuperação. **Métodos:** Vinte e um atletas de *wrestling* (idade:  $23,42 \pm 5,05$  anos; massa corporal:  $81,27 \pm 14,25$  kg; estatura:  $1,74 \pm 0,07$  m; envergadura:  $1,79 \pm 0,07$  m) foram a três visitas no qual realizaram o teste de 10 repetições máximas (10RM) e as intervenções de 5 séries de até 10 repetições nas condições de 1 minuto (C1M) e 3 minutos (C3M) de intervalo de recuperação. Foram coletados os dados de tempo sob tensão (TST), número de repetições, trabalho total, potência e velocidade média. **Resultados:** O TST foi maior na C3M quando comparado a C1M na série 5 ( $p < 0,001$ ). O número de repetições foi maior na C3M comparado a C1M nas séries 3 ( $p = 0,016$ ), 4 ( $p = 0,021$ ) e 5 ( $p < 0,001$ ). O trabalho total foi maior na C3M quando comparado a C1M nas séries 3 ( $p = 0,005$ ), 4 ( $p = 0,007$ ) e 5 ( $p < 0,001$ ). A velocidade média foi maior na C3M comparada a C1M nas séries 4 ( $p = 0,029$ ) e 5 ( $p < 0,001$ ). Para potência, a C3M foi maior comparada a C1M nas séries 4 ( $p = 0,044$ ) e 5 ( $p < 0,001$ ). **Conclusão:** O TST, número de repetições e as variáveis mecânicas podem ser influenciadas por diferentes intervalos de recuperação. Ao longo das séries, foi possível observar redução da velocidade média dos movimentos, o que implicou em menor produção de potência e em repetições mais lentas para as duas condições (C1M e C3M), principalmente nas últimas séries. O trabalho total também decaiu ao longo das séries, possivelmente pela redução do número de repetições realizadas.

**Palavras-chave:** tempo sob tensão, número de repetições, treinamento resistido, variáveis mecânicas, supino reto.

#### ABSTRACT

**Objective:** To analyze the behavior of time under tension, total work, power, average speed and number of repetitions in performing the bench press exercise with different recovery intervals. **Methods:** Twenty-one wrestling athletes (age:  $23.42 \pm 5.05$  years; body mass:  $81.27 \pm 14.25$  kg; height:  $1.74 \pm 0.07$  m; arm span:  $1.79 \pm 0.07$  m) went to three visits in which they performed the test of 10 maximum repetitions (10RM) and the interventions of 5 series of up to 10 repetitions under the conditions of 1 minute (C1M) and 3 minutes (C3M) of recovery interval. Data on time under tension (TST), number of repetitions, total work, power, and average speed were collected. **Results:** TST was higher in C3M when compared to C1M in series 5 ( $p < 0.001$ ). The number of repetitions was higher in C3M compared to C1M in series 3 ( $p = 0.016$ ), 4 ( $p = 0.021$ ) and 5 ( $p < 0.001$ ). The total work was greater in C3M when compared to C1M in series 3 ( $p = 0.005$ ), 4 ( $p = 0.007$ ) and 5 ( $p < 0.001$ ). Mean velocity was higher in C3M compared to C1M in sets 4 ( $p = 0.029$ ) and 5 ( $p < 0.001$ ). For power, C3M was higher compared to C1M in sets 4 ( $p = 0.044$ ) and 5 ( $p < 0.001$ ). **Conclusion:** TST, number of repetitions and mechanical variables can be influenced by different recovery intervals. Throughout the series, it was possible to observe a reduction in the average speed of the movements, which resulted in less power production and slower repetitions for both conditions (C1M and C3M). The total work also decreased along the series, possibly due to the reduction in the number of repetitions performed.

**Keywords:** time under tension, number of repetitions, resistance training, mechanical variables, bench press.

## INTRODUÇÃO

O treinamento resistido (TR) é uma modalidade de exercício físico com o intuito de melhorar a capacidade de produção de força e aumentar a quantidade de massa muscular (área de secção transversa) de seus praticantes (EVANS, 2019). Essa modalidade é praticada por indivíduos que possuem o objetivo de aperfeiçoar o desempenho atlético e/ou a capacidade de realização de suas atividades da vida diária (SILVA et al., 2018). Além disso, o TR dispõe de múltiplas melhoras e controle das condições de saúde como respostas cardiometabólicas, musculoesqueléticas e benefícios relacionados a saúde mental (BENNIE et al., 2018).

Para que a prescrição do TR seja eficaz, é necessária a manipulação de variáveis de treinamento como intensidade, número de séries e repetições (volume), seleção e ordem de exercícios, intervalo de recuperação e velocidade de movimento (GRGIC et al., 2018). Essa manipulação contribui para que seja possível alcançar as adaptações fisiológicas pretendidas, de acordo com o objetivo específico a ser atingido (KNEFFEL et al., 2020). A combinação da sobrecarga imposta pelo TR junto do volume utilizado é reconhecida como o estímulo necessário para gerar adaptações, porém precisa ser monitorada e quantificada (SCOTT et al., 2016).

Algumas maneiras de quantificar o estímulo realizado pelo TR são observadas, como utilizar o trabalho total realizado, que é uma forma de quantificar o estímulo mecânico realizado ao longo de uma sessão de treinamento. Esse método leva em consideração a força exercida pelo indivíduo a partir da massa do implemento a ser utilizado e o deslocamento que esse implemento realiza (MCBRIDE et al., 2009). A velocidade também se mostra uma variável a ser analisada no contexto do monitoramento do TR devido a associação entre a velocidade concêntrica média e a sobrecarga na qual essa velocidade é produzida (BALSALOBRE-FERNANDÉZ; KIPP, 2021).

Além dessas variáveis, tem sido estudado o tempo de execução do movimento conhecido como tempo sob tensão (TST), que apresenta relação direta com a velocidade visto a relação inversa entre elas. (MASZCZYK et al., 2020). O TST pode ser controlado por diferentes cadências para determinadas fases do movimento. Isso pode modificar as respostas adaptativas pós-exercício, de acordo com o número de repetições realizadas (WILK et al., 2018).

Outra variável relacionada ao TR é o intervalo de recuperação (IR) entre as séries, que pode influenciar a intensidade e o volume de treinamento. O IR afeta diretamente a realização do número de repetições das séries a serem realizadas posteriormente ao descanso (MAIA et



al., 2015). Em sessões de TR, intervalos entre séries mais curtos provocam maiores respostas metabólicas, hormonais e cardiovasculares (TIBANA et al., 2013).

Nesse sentido, um programa de TR pode ser prescrito de diferentes maneiras para potencializar a resposta muscular. O TR pode ser baseado em percentuais do valor de 1RM (Repetição Máxima) mensurado antes da sessão de treinamento, por faixas de repetições múltiplas com o ajuste de sobrecarga por sessão ou com base na classificação da escala de percepção de esforço empregado durante a realização da sessão de treinamento (BANYARD et al., 2018). Porém, vista a importância da utilização de diferentes TST para as adaptações mecanobiológicas devido a variação das respostas metabólicas, ao recrutamento e a frequência de disparo de unidades motoras, seu comportamento deve ser levado em consideração no momento da prescrição do programa de treinamento (BORDE; HORTOBÁGYI; GRANACHER, 2015). Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi analisar o comportamento do TST, trabalho total, potência, velocidade média e número de repetições na realização do exercício supino reto com diferentes intervalos de recuperação.

## **MÉTODOS**

### **Delineamento**

Trata-se de uma pesquisa experimental no qual a variável independente é manipulada para que seja avaliado o seu efeito sobre as variáveis dependentes (THOMAS; NELSON; SILVERMAN., 2012). O estudo foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa institucional sob o número CAAE: 61911215.3.0000.5259 e seguiu as normas éticas previstas na resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

### **Participantes**

Atletas de wrestling de alto rendimento de um centro de treinamento localizado no município do Rio de Janeiro com idade de  $23,42 \pm 5,05$  anos, massa corporal total de  $81,27 \pm 14,25$ kg, estatura de  $1,74 \pm 0,07$ m e envergadura de  $1,79 \pm 0,07$ m participaram do estudo. Foram incluídos todos aqueles que praticavam treinamento resistido com a prática do exercício supino reto a pelo menos 6 meses com frequência mínima de treino de duas vezes por semana. Foi adotado como critério de exclusão qualquer sinal de dor ou tipo de distúrbio que alterasse o desempenho nos testes ou colocasse o indivíduo em risco, além de qualquer um que respondeu a pelo menos uma pergunta de forma positiva no *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PAR-Q) (THOMAS, 1992).

### **Cálculo de tamanho da amostra**

O tamanho da amostra foi calculado pelo software G\*power, versão 3.1.9.4 (FAUL et al., 2007), no qual chegou-se ao número total de 22 indivíduos com entrada das informações: ANOVA com *effect size* = 0.25, alfa = 0.05, poder = 0.80, número de medidas = 5 e correlação entre as medidas = 0.5. A coleta inicial foi realizada com 24 indivíduos (~10% a mais) em função de haver possíveis desistências (BECK, 2013). Três indivíduos não participaram de todas as visitas e foram descartados do estudo. Dessa forma, a amostra final foi de 21 indivíduos.

### **Procedimentos**

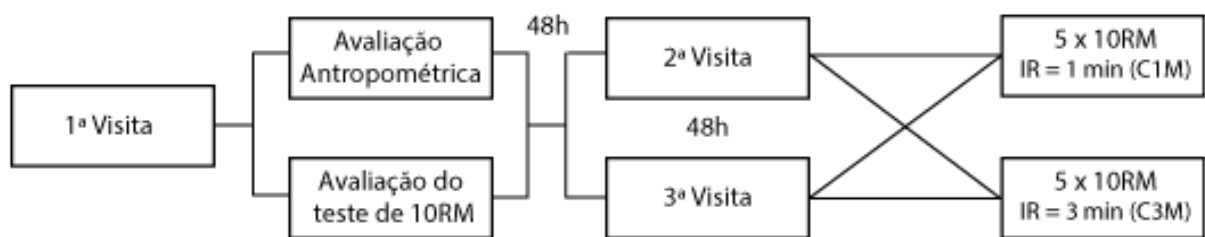
#### **Dados antropométricos**

Os procedimentos foram divididos em três visitas para a coleta de todos os dados. Na primeira visita, foi solicitado o preenchimento do termo de consentimento livre e esclarecido e do PAR-Q. A partir de seu resultado, foi liberada a participação no estudo. Também foram realizadas as avaliações antropométricas para caracterização da amostra. A coleta da massa corporal total e a estatura foram realizadas a partir do uso de uma balança mecânica com estadiômetro (Filizola® PL – 150 n° 8346/97, São Paulo, Brasil) e a envergadura foi coletada a partir do uso de uma trena antropométrica flexível (CESCORF, Brasil). Apenas um único avaliador experiente (ICC > 0.92) aferiu as medidas de todos os indivíduos do estudo (MARFELL-JONES; STEWART; RIDDER., 2012). No primeiro dia foi testada a capacidade dos indivíduos no teste de 10 repetições máximas (10RM) no exercício supino reto para quantificar a sobrecarga utilizada nas outras visitas.

#### **Teste de 10 repetições máximas**

O teste de 10RM foi executado a partir de um aquecimento composto por uma série de 15 repetições com 40% da sobrecarga estimada e uma série de 12 repetições com 50% da sobrecarga estimada, separadas por 1 minuto de intervalo de recuperação. Após o aquecimento, foram determinados 3 minutos de intervalo de recuperação para a realização da primeira tentativa do teste de 10RM. O teste permite até três tentativas para alcançar o valor final da sobrecarga, com 5 minutos de intervalo de recuperação entre as tentativas. Se ao final das três tentativas não fosse possível determinar a sobrecarga para 10RM, o teste seria realizado novamente com 48 horas de intervalo. A sobrecarga final foi registrada de acordo com o valor máximo obtido na realização de 10RM, com a tentativa sem sucesso da décima primeira repetição (BAECHLE; EARLE, 2017).

No segundo dia de visita, após 48h de realização do teste de 10RM, foi feita a intervenção com orientação de executar 5 séries de 10 repetições com o valor obtido no teste de 10RM máximas, nas condições de 1 minuto (C1M) ou 3 (C3M) minutos de intervalo de recuperação e com entrada dos indivíduos de forma randomizada (função randômica; Microsoft Excel versão 2211, USA). Após 48 horas do segundo dia, foi realizada a terceira visita, na qual a intervenção se repetiu, porém, com a utilização do intervalo de recuperação entre as séries diferente ao realizado na segunda visita. A figura 1 demonstra o fluxo seguido para a coleta de dados do estudo.



**Figura 1.** Fluxo da coleta de dados.

Para a realização do estudo, foi utilizado o exercício supino reto. O indivíduo iniciou na posição deitado em decúbito dorsal no banco sem inclinação, com os joelhos flexionados, pés apoiados no chão e cabeça e quadril em contato com o banco durante toda a execução do movimento. Os atletas retiraram a barra do suporte e se mantiveram com os cotovelos em completa extensão com a barra na direção do peitoral para começar o movimento. Na fase excêntrica, os indivíduos realizaram a flexão dos cotovelos e abdução dos ombros até que a barra encostasse na faixa elástica lateral colocada com o intuito de controlar a amplitude de movimento em 90° dos cotovelos. Na fase concêntrica, os indivíduos realizaram o movimento contrário na maior velocidade possível até voltar para a posição inicial. Todo o movimento foi realizado na maior velocidade possível. Dois testadores treinados estiveram posicionados em cada lado da barra para garantir a segurança em possíveis falhas concêntricas (PADULO et al., 2015).

### Variáveis mecânicas

Os dados de potência, trabalho total e velocidade média foram coletados pela utilização do aplicativo *Iload*. Esse aplicativo analisa a velocidade de movimento da barra durante o exercício e combina com as informações inseridas no aplicativo, sobrecarga (10RM) e distância (coletada a partir da mensuração em metros do espaço percorrido pela

barra entre os limitadores de amplitude), para calcular os dados em tempo real (PÉREZ-CASTILLA et al., 2021; SÁ et al., 2019).

### **Tempo sob tensão**

A captação das imagens no qual foram analisados o TST de cada série foram realizadas a partir da utilização de marcadores retro reflexivo (Noraxon Inc., USA) com cerca de 19mm de diâmetro, colocados nos pontos de referência (punhos, cotovelos e ombros) Toda a intervenção foi gravada por um smartphone apoiado em um tripé, posicionado perpendicular e a três metros de distância do suporte do banco, de modo que fosse possível capturar todo o movimento. As imagens capturadas foram analisadas pelo software Kinovea, versão 0.8.27, ferramenta confiável que fornece dados válidos e, portanto, possui um nível de precisão aceitável nas aferições angulares e lineares quanto aos eixos X e Y, obtidas de maneira digital (SILVA et al., 2017).

### **Análise Estatística**

Os dados foram apresentados como média, desvio padrão e valores mínimos e máximos. Os testes de Shapiro-Wilk e Levene foram utilizados para a verificação da normalidade e homogeneidade dos dados. Foi realizada a análise de variância (ANOVA) fatorial (condição vs. séries), seguida do post-hoc de Bonferroni para analisar as possíveis diferenças nas variáveis tempo sob tensão, trabalho total, potência, velocidade média e número de repetições ao longo das séries nas condições C1M e C3M de intervalo de recuperação. O teste de correlação de Pearson foi realizado para analisar as associações entre as variáveis de estudo. O valor de  $p < 0,05$  foi adotado para a significância estatística. A análise dos dados foi realizada por meio do software IBM SPSS *Statistics* 25.

## **RESULTADOS**

A caracterização da amostra com valores de média, desvio padrão, mínimo e máximo de cada variável estão descritos na tabela 1. Foram coletados os dados de idade, estatura, massa corporal total, envergadura, sobrecarga utilizada e distância entre posição inicial e final que a barra percorreu.

**Tabela 1.** Características da amostra, sobrecarga utilizada e distância percorrida da barra no teste de 10RM (n =21).

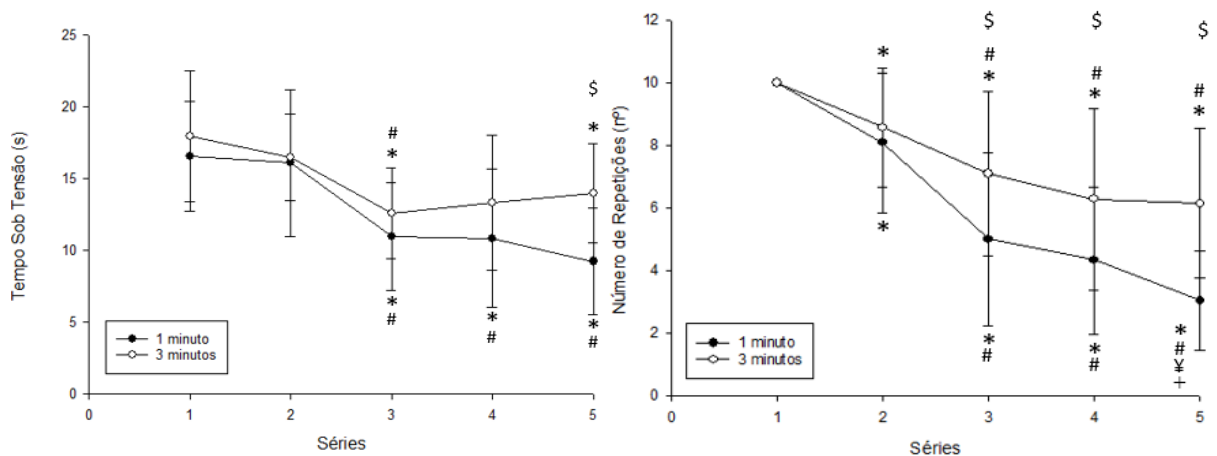
	Média	DP	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	23,42	5,05	19	35
MCT (kg)	81,27	14,25	58,1	111,7
Estatura (m)	1,74	0,07	1,56	1,83
Envergadura (m)	1,79	0,07	1,64	1,9
Sobrecarga 10RM (kg)	83,62	13,95	60	110
Distância (m)	0,29	0,03	0,25	0,35

**Legenda:** kg= quilograma; m= metro; MCT= massa corporal total; DP= desvio padrão.

A ANOVA mostrou um efeito da interação das cinco séries de supino reto nas C1M e C3M sobre as variáveis TST [ $F(4;160) = 21,259$ ;  $p < 0,001$ ], trabalho total [ $F(4;160) = 79,956$ ;  $p < 0,001$ ], potência [ $F(4;160) = 97,549$ ;  $p < 0,001$ ], velocidade média [ $F(4;160) = 99,320$ ;  $p < 0,001$ ] e número de repetições [ $F(4;160) = 90,657$ ;  $p < 0,001$ ].

A figura 2 demonstra os resultados do TST e do número de repetições. O TST foi maior na C3M quando comparado a C1M na série 5 ( $p < 0,001$ ), porém não houve diferença nas outras 4 séries. A C1M demonstrou redução no TST nas séries 3, 4 e 5 comparadas a série 1 ( $p = 0,001$ ;  $p = 0,010$ ;  $p < 0,001$ ) e a série 2 ( $p < 0,001$ ;  $p = 0,001$ ;  $p < 0,001$ ). Já a C3M demonstrou menor TST nas séries 3 ( $p = 0,001$ ) e 5 ( $p = 0,049$ ) comparadas a série 1 e na série 3 comparada a série 2 ( $p = 0,005$ ).

O número de repetições foi maior na C3M comparado a C1M nas séries 3 ( $p = 0,016$ ), 4 ( $p = 0,021$ ) e 5 ( $p < 0,001$ ). Não foi encontrada diferença significativa nas séries 1 e 2. Na C1M, o número de repetições foi menor nas séries 2, 3, 4 e 5 comparado a série 1 ( $p = 0,002$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ). Também foi encontrado resultado menor do número de repetições nas séries 3, 4 e 5 comparado a série 2 ( $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ) e na série 5 comparado a série 3 ( $p = 0,001$ ) e a série 4 ( $p = 0,004$ ). Na C3M, foi encontrado resultado menor do número de repetições nas séries 2, 3, 4 e 5 comparado a série 1 ( $p = 0,035$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ) e nas séries 3, 4 e 5 comparado a série 2 ( $p = 0,025$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ).



**Figura 2.** Resultado da análise do TST e número de repetições.

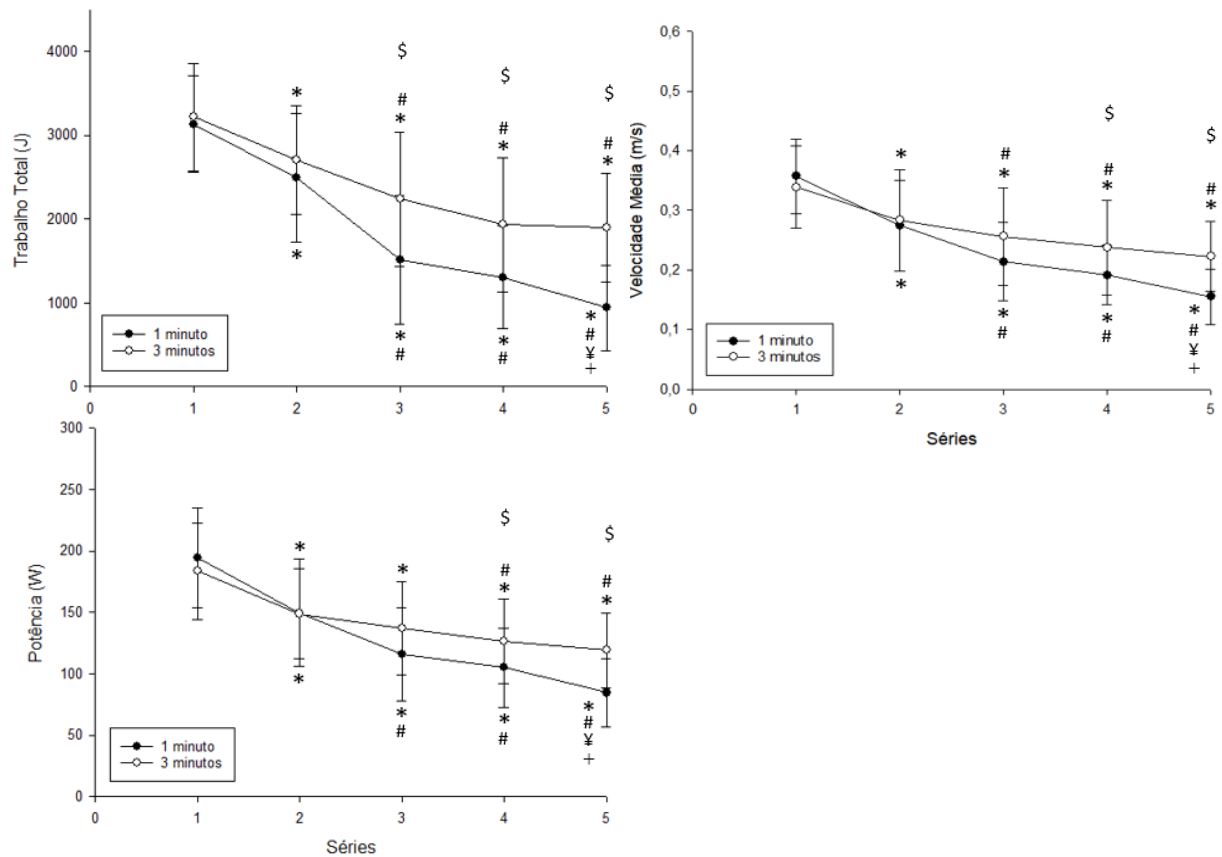
**Legenda:** \*= diferença significativa comparada a 1ª série; #= diferença significativa comparada a 2ª série; ¥= diferença significativa comparada a 3ª série; += diferença significativa comparada a 4ª série; \$= diferença significativa entre as condições (C1M e C3M);  $p < 0,05$ .

Na figura 3 é apresentado os resultados de trabalho total, velocidade média e potência. O trabalho total foi maior na C3M quando comparado a C1M para os resultados das séries 3 ( $p=0,005$ ), 4 ( $p=0,007$ ) e 5 ( $p < 0,001$ ) e não foram encontradas diferenças significativas entre as séries 1 e 2. Na C1M o trabalho total foi menor nas séries 2, 3, 4 e 5 comparado a série 1 ( $p=0,004$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ). Também foram encontrados resultados menores nas séries 3, 4 e 5 comparados a série 2 ( $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ) e na série 5 comparados a série 3 ( $p=0,003$ ) e série 4 ( $p=0,006$ ). Na C3M, resultados menores foram encontrados nas séries 2, 3, 4 e 5 comparados a série 1 ( $p=0,031$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ). O trabalho total também foi menor nas séries 3, 4 e 5 quando comparado a série 2 ( $p=0,029$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ).

A velocidade média foi maior na C3M comparada a C1M nas séries 4 ( $p=0,029$ ) e 5 ( $p < 0,001$ ). Não houve diferenças significativas para as séries 1, 2 e 3. A C1M apresentou velocidade média menor nas séries 2, 3, 4 e 5 comparadas a série 1 ( $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ). As séries 3, 4 e 5 mostraram menores velocidades quando comparadas a série 2 ( $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ), além da série 5 que encontrou resultado menor do que na série 3 ( $p=0,001$ ) e série 4 ( $p=0,026$ ). Na C3M foram encontrados menores velocidades nas séries 2, 3, 4 e 5 comparadas a série 1 ( $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ) e nas séries 3, 4, e 5 comparadas a série 2 ( $p=0,045$ ;  $p < 0,001$ ;  $p=0,001$ ).

Para potência, a C3M apresentou resultado maior comparada a C1M nas séries 4 ( $p=0,044$ ) e 5 ( $p < 0,001$ ), sem diferenças significativas para as séries 1, 2 e 3. A C1M mostrou resultados menores nas séries 2, 3, 4 e 5 comparados a série 1 ( $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;

$p < 0,001$ ). Potência também foi menor nas séries 3, 4 e 5 comparada a série 2 ( $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ) e na série 5 comparada a série 3 ( $p = 0,001$ ) e série 4 ( $p = 0,015$ ). Na C3M, foram encontrados resultados menores nas séries 2, 3, 4 e 5 comparados a série 1 ( $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ) e nas séries 4 e 5 comparados a série 2 ( $p = 0,001$ ;  $p = 0,002$ ).



**Figura 3.** Resultado da análise do trabalho total, velocidade média e potência.

**Legenda:** \*= diferença significativa comparada a 1ª série; #= diferença significativa comparada a 2ª série; ¥= diferença significativa comparada a 3ª série; += diferença significativa comparada a 4ª série; \$= diferença significativa entre as condições (C1M e C3M);  $p < 0,05$ .

Os resultados das associações das variáveis estudadas nas C1M e C3M estão expostos nas tabelas 3 e 4, respectivamente.

**Tabela 3.** Análise das associações entre as variáveis de estudo na C1M.

		Envergadura	Distância	Sobrecarga	TST	Trabalho	Potência	VelocMed
Distância	r	0,367						
	p-valor	0,102						
Sobrecarga	r	0,193	-0,299					
	p-valor	0,402	0,187					
TST	r	0,004	-0,169	0,009				
	p-valor	0,988	0,463	0,969				
Trabalho	r	0,382	-0,221	0,137	0,584			
	p-valor	0,088	0,337	0,554	0,005*			
Potência	r	0,459	-0,229	0,390	0,292	0,859		
	p-valor	0,036*	0,318	0,081	0,199	<0,001*		
VelocMed	r	0,326	-0,140	-0,186	0,334	0,848	0,822	
	p-valor	0,149	0,544	0,420	0,139	<0,001*	<0,001*	
Repetições	r	0,163	-0,366	-0,178	0,593	0,899	0,687	0,877
	p-valor	0,480	0,103	0,440	0,005*	<0,001*	0,001*	<0,001*

**Legenda:** Repetições= média do número de repetições; VelocMed= média da velocidade média; Potência= média da potência; Trabalho= média do trabalho total; TST= média do tempo sob tensão; r= valor da correlação; p-valor= valor de significância; \*= p<0,05.

Na tabela 3, observou-se que para C1M foram encontradas correlações positivas entre trabalho total e potência, trabalho total e velocidade média, trabalho total e número de repetições. Isso significa que quanto maior o trabalho total realizado, maior a produção de potência, velocidade média alcançada e o número de repetições realizadas. Também foram encontradas correlações entre velocidade média e potência e velocidade média e número de repetições. Isso demonstra que quanto maior a velocidade média alcançada, maior a potência produzida e o número de repetições executado. Além dessas, foram encontradas correlações entre TST e trabalho total, TST e número de repetições, potência e número de repetições e potência e envergadura. Isso mostra que quanto maior o TST, maior o trabalho total e o número de repetições realizados e quanto maior a potência produzida, maior o número de repetições executado e a envergadura do indivíduo.



**Tabela 4.** Análise das associações entre as variáveis de estudo na C3M.

		Envergadura	Distância	Sobrecarga	TST	Trabalho	Potência	VelocMed
Distância	r	0,367						
	p-valor	0,102						
Sobrecarga	r	0,193	-0,299					
	p-valor	0,402	0,187					
TST	r	-0,033	-0,016	0,260				
	p-valor	0,887	0,946	0,256				
Trabalho	r	-0,040	-0,050	0,238	0,579			
	p-valor	0,864	0,829	0,298	0,006*			
Potência	r	-0,093	-0,173	0,042	0,402	0,854		
	p-valor	0,688	0,452	0,857	0,071	<0,001*		
VelocMed	r	-0,212	0,032	-0,602	0,214	0,495	0,747	
	p-valor	0,356	0,889	0,004*	0,353	0,023*	<0,001*	
Repetições	r	-0,300	-0,210	-0,325	0,421	0,722	0,828	0,860
	p-valor	0,187	0,362	0,150	0,057	<0,001*	<0,001*	<0,001*

**Legenda:** MCT= massa corporal total; Repetições= média do número de repetições; VelocMed= média da velocidade média; Potência= média da potência; Trabalho= média do trabalho total; TST= média do tempo sob tensão; r= valor da correlação; p-valor= valor de significância; \*= p<0,05.

Na tabela 4, observou-se que para a C3M foi encontrada uma correlação negativa entre sobrecarga e velocidade média, que demonstra que quanto maior a sobrecarga utilizada, menor a velocidade média alcançada. Houve correlações positivas entre trabalho total e potência, trabalho total e número de repetições e trabalho total e velocidade média. Isso significa que quanto maior o trabalho total realizado, maior a produção de potência, número de repetições e velocidade média alcançada. Além dessas, foram encontradas correlações entre potência e velocidade média, potência e número de repetições e velocidade média e número de repetições, que demonstra que quanto maior a produção de potência, maior a velocidade média alcançada e o número de repetições realizadas e que quanto maior a velocidade média alcançada, maior o número de repetições realizadas. Também foi demonstrada correlação positiva entre TST e trabalho total, que mostra que quanto maior o TST, maior o trabalho total.

## DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi analisar o comportamento do TST, trabalho total, potência, velocidade média e número de repetições na realização do exercício supino reto com diferentes intervalos de recuperação. Os resultados mostraram que o TST foi maior para a C3M comparada a C1M apenas na série 5. Tanto a C1M quanto a C3M demonstraram

redução do TST a partir da série 3 comparada as séries 1 e 2, porém para a C1M esse resultado se manteve similar para as três últimas séries. Já para a C3M, a quarta série não apresentou diferença de nenhuma outra e a quinta série demonstrou menor TST comparada a série 1. Os resultados encontrados demonstram que diferentes intervalos de recuperação afetam o TST das próximas séries a serem realizadas. Com a utilização da mesma sobrecarga e maior velocidade de execução possível, maiores intervalos de recuperação permitiram menor queda do TST ao longo das séries. Assim, intervalos mais longos podem contribuir para a resposta ao estímulo mecânico derivado do treinamento resistido (JAMBASSI FILHO et al., 2013).

Tanto para a C1M quanto para a C3M foi encontrado menor número de repetições nas quatro últimas séries comparadas a primeira e nas três últimas séries comparadas a segunda. Apenas na C1M a quinta série demonstrou número de repetições menor comparada a terceira e quarta séries. Na C3M o número de repetições reduziu até a terceira série e se manteve similar até a quinta série. Já para a C1M o número de repetições reduziu até a terceira série e depois reduziu ainda mais na quinta série. Isso é evidenciado na diferença entre as condições com C1M apresentando menor número de repetições nas séries 3, 4 e 5 comparadas a C3M. Millender et al. (2021) compararam o efeito de intervalos curtos e longos (1 minuto vs. 3 minutos) sobre o número de repetições nos exercícios supino reto e agachamento em 4 séries até a falha concêntrica com 75% de 1RM em atletas com experiência em treinamento resistido. Foi encontrado maior número de repetições nas últimas três séries para os dois exercícios na condição com intervalo de recuperação mais longo, o que corrobora os resultados do presente estudo. Nesse sentido, durante o treinamento de força, se o objetivo for manter o volume de treino elevado, intervalos mais longos são benéficos (HERNANDEZ et al., 2021).

O TST e o número de repetições apresentam resultados diferentes dentro da mesma condição (C1M ou C3M). Na C1M, o TST reduz na terceira série e se mantém similar até a última série, enquanto o número de repetições reduz a primeira vez na terceira série e novamente na quinta série. Na C3M, o TST reduz na terceira série e após isso aumenta novamente, enquanto o número de repetições reduz da primeira para a terceira série e se mantém similar até a quinta série. A queda do número de repetições para o tempo de execução similar demonstra que as repetições foram se tornando mais lentas ao longo das séries. O mesmo acontece quando o TST volta a aumentar, porém o número de repetições não demonstra o mesmo comportamento. Os resultados de velocidade média e potência podem explicar esses achados. Na condição C1M foi demonstrada redução da primeira para segunda

série e depois novamente na quinta série. Para a condição C3M, tanto velocidade média quanto potência demonstraram redução na segunda série. A velocidade média apresenta outra redução na terceira série enquanto a potência apresenta a terceira série similar a segunda, com redução apenas na quarta série. A duração de execução das repetições é dependente da velocidade de movimento, que pode ser alterada pela sobrecarga utilizada e a fadiga (CORATELLA, 2015; VIECELLI; AGUAYO, 2021).

Além desses resultados, tanto a velocidade quanto a potência foram maiores na C3M nas duas últimas séries. Davó et al. (2016) analisaram o uso de diferentes intervalos de recuperação (1, 2 e 3 minutos) no desfecho de produção de potência usando 40% de 1RM no exercício supino balístico a partir de 5 séries de 8 repetições. Os achados mostraram que 1 minuto de intervalo de recuperação mostrou maior queda na produção de potência comparado as outras duas condições, que não demonstraram diferenças entre si, corroborando os achados do presente estudo.

O resultado encontrado sobre trabalho total demonstra comportamento próximo do encontrado para o número de repetições, no qual decaiu ao longo da realização das séries. Para a C1M, foi apresentada redução da primeira para a segunda série, na terceira série comparada as duas primeiras e na quinta série comparada a todas as anteriores. Para a C3M, o trabalho total demonstrou ser menor para a segunda série comparada a primeira e para a terceira série comparada com as duas anteriores. As séries 3, 4 e 5 não apresentaram diferença nessa condição, porém quando comparadas as condições, foi encontrada diferença nessas três séries com trabalho total maior para C3M. Essa concordância entre o trabalho total e o número de repetições pode ser explicada pela influência do quanto a sobrecarga desloca durante o exercício para obtenção do valor final do trabalho total. Com menor número de repetições sendo executadas, menos o implemento se desloca e por isso o trabalho total realizado diminui (WINTER et al., 2015).

Para as duas condições (C1M e C3M) foram encontradas correlações positivas entre trabalho total e TST, número de repetições, velocidade média e potência. Essas relações apontaram que quanto maior o trabalho total realizado, maior era a duração do exercício, o número de repetições, a velocidade média que o movimento acontecia e a produção de potência durante o exercício. McBride et al. (2009) demonstraram que utilizar o trabalho total é a forma mais adequada para quantificar volume de treinamento. A relação encontrada entre trabalho total e TST no presente estudo pode indicar a utilização do TST com a mesma finalidade. Cronin e Crewther (2004) analisaram 3 diferentes porcentagens de carga equalizadas pelo volume (6 x 30% 1RM, 3 x 60% 1RM, 2 x 90% 1RM) e encontraram

resultados semelhantes tanto para o TST total quanto para o trabalho total realizado, onde a condição com 30% de 1RM demonstrou valores maiores para as duas variáveis. Apesar disso, quando o TST foi comparado pelas repetições entre as condições, maiores sobrecargas demonstraram maior TST. Isso corrobora os achados anteriores entre TST e número de repetições do presente estudo.

Trabalho total e potência também demonstram íntima relação entre si, devido a sua associação com a energia utilizada durante o exercício. Nesse contexto, trabalho total pode ser considerado como a quantidade de energia transferida para a sobrecarga para que ela possa se movimentar, enquanto a potência pode ser considerada como a taxa de variação do trabalho realizado dividido pelo tempo que os indivíduos levaram para executar o movimento (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

O presente estudo encontrou correlações positivas entre potência, número de repetições e velocidade média que demonstra que quanto maior o valor de uma dessas variáveis, maior o valor das outras duas. A potência também pode ser considerada como o produto entre força (sobrecarga), velocidade e cosseno do ângulo teta ( $\theta$ ), que é o ângulo formado entre a direção de aplicação de força e a direção da velocidade do implemento. Nesse caso, como a força aplicada e a velocidade têm a mesma direção,  $\theta$  é igual a zero e seu cosseno igual a 1, o que o torna irrelevante para o cálculo. Dessa forma, potência apenas leva em consideração a força aplicada e a velocidade de movimento para achar seu valor final (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Isso pode explicar a relação positiva encontrada entre potência e velocidade média no presente estudo. Com relação ao número de repetições, quanto mais veloz um movimento acontecer, maior a sua frequência de realizações dentro de um mesmo intervalo de tempo. Assim, pode-se explicar a relação encontrada dessa variável com velocidade média e potência.

Correlações específicas para as condições (C1M e C3M) foram encontradas. A condição C1M demonstrou correlação positiva entre o TST e o número de repetições e entre envergadura e potência. Características antropométricas como estatura, estatura sentada e envergadura podem afetar o rendimento físico de atletas (KUKIC et al., 2022). Por outro lado, a condição C3M apresentou correlação negativa entre sobrecarga e velocidade média, ou seja, quanto maior a sobrecarga utilizada, menor a velocidade do movimento realizado. Essa relação é baseada no conceito de força-velocidade descrita que estabelece que a sobrecarga utilizada no exercício vai determinar a capacidade de imprimir velocidade contra ela, ou seja, quanto menor a sobrecarga, maior a capacidade de aplicar velocidade contra a mesma (VIECELLI; AGUAYO, 2021). Nesse sentido, métodos que utilizam a velocidade do

movimento como preditor de intensidade do treinamento, como *velocity based training* (VBT), já estão sendo estudados baseados nessa relação pré-estabelecida (CONCEIÇÃO et al., 2016; GONZÁLEZ-BADILLO et al., 2010).

O presente estudo apresentou limitações como utilização apenas do exercício supino reto, onde não é possível extrapolar os achados para outros exercícios de membros superiores ou inferiores. Além disso, foram utilizados apenas homens e atletas de alto rendimento como amostra, o que não permite que os dados sejam generalizados para outros grupos amostrais.

## CONCLUSÃO

O presente estudo concluiu que o TST, o número de repetições e as variáveis mecânicas analisadas podem ser influenciadas pelo uso de diferentes intervalos de recuperação. Intervalos mais longos permitiram menor efeito deletério do desempenho do número de repetições realizadas e menor redução do TST. O comportamento do TST e do número de repetições demonstrou que as repetições se tornaram mais lentas ao longo das séries, possivelmente pela redução da velocidade média e potência. Foram encontradas relações entre variáveis de quantificação de volume de treinamento como trabalho total, TST e número de repetições e relações que demonstram que a velocidade de movimento e a potência tem afinidade com o número de repetições realizadas.

Recomenda-se a realização de novos estudos que utilizem outros exercícios e grupos amostrais, outros intervalos de recuperação e outros percentuais de sobrecarga, além de outros instrumentos como um sistema de transdutor de posição linear para a captação de outras variáveis mecânicas como potência relativa à massa corporal total e pico de velocidade do movimento.

## REFERÊNCIAS

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; KIPP, K. Use of Machine-Learning and Load–Velocity Profiling to Estimate 1-Repetition Maximums for Two Variations of the Bench-Press Exercise. **Sports.**, v. 9, n. 3, p. 39, 2021.

BANYARD, H. G.; TUFANO, J. J.; DELGADO, J.; THOMPSON, S. W.; NOSAKA, K. Comparison of the effects of velocity-based training methods and traditional 1RM-percent-based training prescription on acute kinetic and kinematic variables. **Int. J. Sports Physiol. Perform.**, v. 14, n. 2, p. 246-255, 2019.

BECK, T. W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **J. Strength Cond. Res.**, v. 27, n. 8, p. 2323-2337, 2013.

BENNIE, J. A.; LEE, D. C.; KHAN, A.; WIESNER G. H.; BAUMAN A. E.; STAMATAKIS E.; BIDDLE S. J. H. Muscle-strengthening exercise among 397,423 U.S. adults: prevalence, correlates, and associations with health conditions. **Am. J. Prev. Med.**, v. 55, n. 6, p. 864-874, 2018.

BORDE, R.; HORTOBÁGYI, T.; GRANACHER, U. Dose-response relationships of resistance training in healthy old adults: a systematic review and meta-analysis. **Sports Med.**, v. 45, n. 12, p. 1693-1720, 2015.

CONCEIÇÃO, F.; FERNANDES, J.; LEWIS, M.; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; JIMENÉZ-REYES, P. Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. **J. Sports Sci.**, v. 34, p. 1099-1106, 2016.

CRONIN, J.; CREWETHER, B. Training volume and strength and power development. **J. Sci. Med. Sport**, v. 7, n. 2, p. 144-155, 2004.

BROWN, L. E. **Strength Training**. National Strength and Conditioning Association. 2. Ed. Champaign: Human Kinetics; 2017.

CORATELLA, G. Appropriate reporting of exercise variables in resistance training protocols: much more than load and number of repetitions. **Sports Med. Open**, v. 8, n. 1, p. 99, 2022.

DAVÓ, J. L. H.; SOLANA, R. S.; MARIN, J. M. S.; FERNÁNDEZ, J. F.; RAMÓN, M. M. Rest interval required for power training with power load in the bench press throw exercise. **J. Strength Cond. Res.**, v. 30, n. 5, p. 1265-1274, 2016.

EVANS, J. W. Periodized resistance training for enhancing skeletal muscle hypertrophy and strength: a mini-review. **Front. Physiol.**, v. 23, n. 10, p. 13, 2019.

FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A. G.; BUCHNER, A. GPower 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behav. Res. Methods**, v. 39, n. 2, p. 175-91, 2007.

GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; SÁNCHEZ-MEDINA. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. **Int. J. Sports Med.**, v. 31, p. 347-352, 2010.

GRGIC, J.; SCHOENFELD, B. J.; SKREPNIK, M.; DAVIES, T. B.; MIKULIC, P. Effects of rest interval duration in resistance training on measures of muscular strength: a systematic review. **Sports Med.**, v. 48, n. 1, p. 137-151, 2018.

HALLIDAY, D.; WALKER, J.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física**, 10. Ed., Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HERNANDEZ, D. J.; HEALY, S.; GIACOMINI, M. L.; KWON, Y. S. Effect of rest interval duration on the volume completed during a high-intensity bench press exercise. **J. Strength Cond. Res.**, v. 35, n. 11, p. 2981-2987.

JAMBASSI FILHO, J. C.; GOBBI, L. T. B.; GURJÃO, A. L. D.; GONÇALVES, R.; PRADO, A. K. G.; GOBBI, S. Effect of Different Rest Intervals, between Sets, on Muscle Performance during Leg Press Exercise, in Trained Older Women. **J. Sports Sci. Med.**, v. 12, n. 1, p. 138-143, 2013.

KNEFFEL, Z.; MURLASITS, Z.; REED, J.; KRIEGER J. A meta-regression of the effects of resistance training frequency on muscular strength and hypertrophy in adults over 60 years of age. **J. Sports Sci.**, v. 39, p. 3, p. 351-358, 2021.

KUKIC, F.; PETROVIC, M.; GRECO, G.; CATALDI, S.; FISCHETTI, F. Association of Anthropometrics and Body Composition with Maximal and Relative Force and Power of Kayak Stroke in Competitive Kayak Athletes. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 19, n. 5, p. 2977, 2022.

MAIA, M. F.; PAZ, G. A.; MIRANDA, H.; LIMA, V.; BENTES, M. C.; NOVAES J. S.; VIGÁRIO, P. S.; WILLARDSON, J. M. Maximal repetition performance, rating of perceived exertion, and muscle fatigue during paired set training performed with different rest intervals. **J. Exerc. Sci. Fit.**, v. 13, n. 2, p. 104-110, 2015.

MARFELL-JONES, M.; STEWART A. D.; RIDDER J. H. **International standards for anthropometric assessment**. Wellington, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2012.

MASZCZYK, A.; WILK, M.; KRZYSZTOFIK, M.; GEPFERT, M.; ZAJAC, A.; PETR, M.; STASTNY, P. The effects of resistance training experience on movement characteristics in the bench press exercise. **Biol. Sport.**, v. 37, n. 1, p. 79-83, 2020.

MCBRIDE, J. M.; MCCAULLEY, G. O.; CORMIE, P.; NUZZO, J. L.; CAVILL, M. J.; TRIPLETT, N. T. Comparison of methods to quantify volume during resistance exercise. **J. Strength Cond. Res.**, v. 23, n. 1, p. 106-110, 2009.

MILLENDER, D. J.; MANG, Z. A.; BEAM, J. R.; REALZOLA, R. A.; KRAVITZ, L. The effect of rest interval length on upper and lower body exercises in resistance-trained females. **Int. J. Exerc. Sci.**, v. 14, n. 7, p. 1178-1191, 2021.

PADULO, J.; LAFFAYE, G.; CHAOUACHI, A.; CHAMARI, K. Bench Press exercise: the key points. **J. Sports Med. Phys. Fitness**, v. 55, n. 6, p. 604-608, 2015.

PÉREZ-CASTILLA, A.; BOULLOSA, D.; GARCÍA-RAMOS, AMADOR. Reliability and validity of the iLOAD application for monitoring the mean set velocity during the back squat and bench press exercises performed against different loads. **J. Strength Cond. Res.**, v. 35, n. suppl 1, p. 57-65, 2021.

SILVA, J. B.; LIMA, V. P.; CASTRO, J. B. P.; PAZ, G. A.; NOVAES, J. S.; NUNES, R. A. M.; VALE, R. G. S. Analysis of myoelectric activity, blood lactate concentration and time under tension in repetitions maximum in the squat exercise. **J. Phys. Educ. Sport**, v. 18, n. 4, p. 2478-2485, 2018.

SILVA, J. B.; LIMA, V. P.; NOVAES, J. S.; CASTRO, J. B. P.; NUNES, R. A. M.; VALE, R. G. S. Time under tension, muscular activation, and blood lactate responses to perform 8, 10, and 12RM in the bench press exercise. **J. Exerc. Physiol. Online**, v. 20, n. 6, p. 41-54, 2017.

SÁ, E. C.; MEDEIROS, A. R.; FERREIRA, A. S.; RAMOS, A. G.; JANICIJEVIC, D.; BOULLOSA, D. Validity of the ILOAD app for resistance training monitoring. **Peerj**, v. 7, e7372, 2019.

SCOTT, B. R.; DUTHIE, G. M.; THORNTON, H. R.; DASCOMBE, B. J. Training monitoring for resistance exercise: theory and applications. **Sports Med.**, v. 46, n. 5, p. 687-698, 2016.

TIBANA, R. A.; VIEIRA, D. C. L.; TAJRA V.; BOTTARO, M.; SALLES, B. F.; WILLARDSON, J. M.; PRESTES, J. Effects of rest interval length on smith machine bench press performance and perceived exertion in trained men. **Percept. Mot. Skills**, v. 117, n. 3, p. 682-95, 2013.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 6. Ed. Porto Alegre: Artmed; 2012.

THOMAS, S.; READING, J.; SHEPHARD, R. J. Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). **Can. J. Sport Sci.**, v. 17, n. 4, p. 338-45, 1992.

VIECELLI, C.; AGUAYO, D. May the force and mass be with you – Evidence-bases contribution of mechano-biological descriptors of resistance exercise. **Front. Physiol.**, v. 12, p. 686119, 2021.

WILK, M.; STASTNY, P.; GOLAS, A.; NAWROCKA, M.; JELEN, K.; ZAJAC, A.; TUFANO, J. Physiological responses to different neuromuscular movement task during eccentric bench press. **Neuro Endocrinol. Lett.**, v. 39, n. 1, p. 26-32, 2018.

WINTER, E. M.; ABT, G.; BROOKES, F. B. C.; CHALLIS, J. H.; FOWLER, N. E.; KNUDSON, D. V.; ET AL. Misuse of "Power" and Other Mechanical Terms in Sport and Exercise Science Research. **J. Strength Cond. Res.**, v. 30, n. 1, p. 292-300, 2016.



## CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO

A partir da revisão sistemática realizada, foi possível compreender melhor a variável tempo sob tensão (TST) no exercício supino reto. Os estudos incluídos nessa revisão sistemática tiveram como objetivo analisar o comportamento do tempo sob tensão na realização do exercício supino reto em indivíduos recreativamente treinados. Verificou-se que o TST se comporta de maneira diferente dependendo do protocolo e método de treinamento utilizado. Foram observadas diferenças entre o TST e o número de repetições realizadas em determinadas condições, como uso de potencialização pós-ativação, diferentes formatos da barra, diferentes cadências e durante testes de carga.

Nesse sentido, o provável comportamento do TST pode ser previsto a partir do modelo de prescrição do exercício supino reto. Diferentes sobrecargas afetam o número de repetições ao realizar o exercício na maior velocidade possível até a falha concêntrica. Nessas condições, sobrecargas menores parecem aumentar o TST. Esse aumento também ocorreu ao usar cadências mais lentas, maior restrição de fluxo de pressão e potencialização pós-ativação. Por outro lado, o supino reto com diferentes posições das mãos na barra e sobrecargas equalizadas em percentuais de 1RM não alteraram o TST. Esses resultados foram observados principalmente em homens que tiveram experiência recreativa com treinamento de resistência.

Através dos artigos experimentais, resultados sobre o TST em um grupo amostral com características diferentes foram possíveis de serem observados. O TST foi analisado em atletas de alto rendimento de *wrestling*, na utilização de diferentes intervalos de recuperação e relacionado a diferentes variáveis.

O primeiro artigo experimental analisou o TST e sua relação com número de repetições, volume total de treino e índice de fadiga. Foi observado que tanto 1 minuto quanto 3 minutos de intervalo de recuperação influenciaram o TST e o número de repetições ao longo da realização de 5 séries do exercício supino reto, principalmente nas últimas séries a serem realizadas. A condição de 3 minutos de intervalo de recuperação mostrou ser menos agressiva na manutenção dessas variáveis, no qual demonstraram redução principalmente a partir da terceira série, porém menores quando comparado a condição de 1 minuto de intervalo de recuperação.

Quando o comportamento do TST e do número de repetições foi comparado entre si ao longo das séries dentro da mesma condição, foi possível observar diferenças entre as variáveis, com redução do número de repetições enquanto o TST se manteve similar (1 minuto) ou a manutenção do número de repetições com o aumento do TST (3 minutos). Isso demonstra que essas duas variáveis de volume do treinamento podem demonstrar

comportamento incongruente dependendo da manipulação de outras variáveis do treinamento, como o intervalo de recuperação.

O volume total de treino e o índice de fadiga foram comparados entre as duas condições. Foi observado que utilizar 3 minutos de intervalo de recuperação resultou em maior volume total de treino e menor efeito negativo da fadiga ao longo das séries, do que utilizar 1 minuto de intervalo de recuperação. Dessa forma, utilizar intervalos de recuperação mais longos parece ser indicado para a manutenção do volume de treinamento, visto o maior número de repetições possíveis de serem realizadas devido o maior tempo disponível de recuperação para a execução da série subsequente, diminuindo os efeitos da fadiga.

Nas relações entre as variáveis do estudo, foram encontradas correlações positivas para as duas condições que demonstraram que quanto maior o volume total de treino, maior o número de repetições realizadas e o tempo sob tensão. Apesar dos resultados anteriores, esses achados podem ser um indício da utilização do TST como métrica de quantificação de volume do treinamento, vista a relação encontrada com outras duas variáveis já utilizadas para tal finalidade. Também foram encontradas correlações que demonstraram que quanto maior o índice de fadiga, menor o número de repetições realizadas, menor volume total de treino alcançado e menor TST, evidenciando o efeito negativo acumulado da fadiga na manutenção do volume de treinamento ao longo das séries.

O TST e o número de repetições foram analisados novamente no segundo artigo experimental. Porém, essa análise ocorreu junto da observação do comportamento de variáveis mecânicas do movimento como trabalho total, potência e velocidade média. Dessa forma, poderia ser possível entender melhor a relação dessas duas variáveis entre si.

A partir dos resultados encontrados após a realização de 5 séries de até 10 repetições com 1 minuto e 3 minutos de intervalo de recuperação, foi possível observar que o tempo sob tensão e o número de repetições se mostraram diferentes quando comparados dentro da mesma condição. A redução do número de repetições realizadas para o tempo de execução semelhante com 1 minuto de intervalo de recuperação mostra que as repetições foram se tornando mais lentas ao longo das séries. Do mesmo modo ocorreu com o TST que voltou a aumentar, porém o número de repetições não demonstrou o mesmo comportamento com 3 minutos de intervalo.

A redução da velocidade média do movimento nas duas condições pode ser o que explica esses resultados. Menor velocidade de movimento implicou em menor produção de potência e em repetições com duração de execução mais lentas ao longo das séries, o que afetou o TST. Esses efeitos foram menos intensos na utilização de 3 minutos de intervalo de

recuperação, o que demonstra que 1 minuto de intervalo de recuperação pode não ser o suficiente para a manutenção desse rendimento. Além disso, o trabalho total realizado também reduziu ao longo das séries, possivelmente pela redução do número de repetições realizadas conforme as séries aconteciam. Essa redução do número de repetições também se mostrou menos intensa para a utilização de 3 minutos de intervalo de recuperação.

Na análise da correlação, novamente foram encontradas correlações positivas entre variáveis relacionadas ao volume de treinamento nas duas condições de intervalo de recuperação. Foi demonstrado que quanto maior trabalho total realizado, maior o número de repetições realizadas e maior o TST. Também foram encontradas correlações que indicaram que quanto maior o trabalho total, maior a velocidade média alcançada e maior produção de potência.

Foram encontradas correlações positivas entre velocidade média, potência e número de repetições, demonstrando que com o aumento de uma, as outras duas variáveis também aumentam. Esses achados indicam a possibilidade de maior realização de número de repetições para a mesma sobrecarga, a partir do aumento de sua velocidade de movimento. Dessa forma, os valores de produção de potência também serão maiores.

Novos estudos que analisem o TST em outras situações como em exercícios de membros superiores e inferiores, exercícios monoarticulares e multiarticulares, intervalos de recuperação diferentes, diferentes porcentagens de sobrecarga e número de repetições máximas, outras configurações de treinamento e em outros grupos amostrais como níveis diferentes de treinabilidade e mulheres são sugeridos.

## REFERÊNCIAS

- BANYARD, H. G.; TUFANO, J. J.; DELGADO, J.; THOMPSON, S. W.; NOSAKA, K. Comparison of the effects of velocity-based training methods and traditional 1RM-percent-based training prescription on acute kinetic and kinematic variables. **Int. J. Sports Physiol. Perform.**, v. 14, n. 2, p. 246-255, 2019.
- BEATO, M.; MAROTO-IZQUIERDO, S.; TURNER, A. N.; BISHOP, C. Implementing strength training strategies for injury prevention in soccer: scientific rationale and methodological recommendations. **Int. J. Sports Physiol. Perform.**, v. 16, n. 3, p. 456-461, 2021.
- BENNIE, J. A.; LEE, D. C.; KHAN, A.; WIESNER G. H.; BAUMAN A. E.; STAMATAKIS E.; BIDDLE S. J. H. Muscle-strengthening exercise among 397,423 U.S. adults: prevalence, correlates, and associations with health conditions. **Am. J. Prev. Med.**, v. 55, n. 6, p. 864-874, 2018.
- BORDE, R.; HORTOBÁGYI, T.; GRANACHER, U. Dose-response relationships of resistance training in healthy old adults: a systematic review and meta-analysis. **Sports Med.**, v. 45, n. 12, p. 1693-1720, 2015.
- BROWN, K.; BICHLER, S.; WILFRIED, A. Detecting repetitions and time features in resistance training using triaxial accelerometry. **Sports Technol.**, v. 8, n. 1-2, p. 35-43, 2015.
- EVANS, J. W. Periodized resistance training for enhancing skeletal muscle hypertrophy and strength: a mini-review. **Front. Physiol.**, v. 23, n. 10, p. 13, 2019.
- GEPFERT, M.; JAROSZ, J.; WOJDALA, G.; KRZYSZTOFIK, M.; CAMPOS, Y.; FILIP-STACHNIK, A.; KOSTRZEWA, M.; GAWEL, D.; SZKUDLAREK, A.; GODLEWSKI, P.; STASTNY, P.; WILK, M. Acute impact of blood flow restriction on strength-endurance performance during the bench press exercise. **Biol. Sport**, v. 38, n. 4, p. 653-658, 2021.
- GRGIC, J.; SCHOENFELD, B. J.; SKREPNIK, M.; DAVIES, T. B.; MIKULIC, P. Effects of rest interval duration in resistance training on measures of muscular strength: a systematic review. **Sports Med.**, v. 48, n. 1, p. 137-151, 2018.
- HATFIELD, D. L.; KRAEMER, W. J.; SPIERING, B. A.; HÄKKINEN, K.; VOLEK, J. S.; SHIMANO, T., ET AL. The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise. **J. Strength Cond. Res.**, v. 20, n. 4, p. 760-766, 2006.
- HORSNBY, W. G.; GENTLES, J. A.; COMFORT, P.; SUCHOMEL, T. J.; MIZUGUCHI, S. STONE, M. H. Resistance training volume load with and without exercise displacement. **Sports**, v. 6, n. 4, p. 137, 2018.
- KNEFFEL, Z.; MURLASITS, Z.; REED, J.; KRIEGER J. A meta-regression of the effects of resistance training frequency on muscular strength and hypertrophy in adults over 60 years of age. **J. Sports Sci.**, 2020.
- KRZYSZTOFIK, M.; MATYKIEWICZ, P.; FILIP, A.; HUMINSKA, K.; RZESZUTKO, A.; WILK, M. Range of motion of resistance exercise affects the number of performed repetitions but not a time under tension. **Sci. Rep.**, v. 11, n. 14847, 2021.

MAIA, M. F.; PAZ, G. A.; MIRANDA, H.; LIMA, V.; BENTES, M. C.; NOVAES J. S.; VIGÁRIO, P. S.; WILLARDSON, J. M. Maximal repetition performance, rating of perceived exertion, and muscle fatigue during paired set training performed with different rest intervals. **J. Exerc. Sci. Fit.**, v. 13, n. 2, p. 104-110, 2015.

MCBRIDE, J. M.; MCCAULLEY, G. O.; CORMIE, P.; NUZZO, J. L.; CAVILL, M. J.; TRIPLETT, N. T. Comparison of methods to quantify volume during resistance exercise. **J. Strength Cond. Res.**, v. 23, n. 1, p. 106-110, 2009.

MARTORELLI, A. S.; LIMA, F. D.; VIEIRA, A.; TUFANO, J. J.; ERNESTO, C.; BOULLOSA, D.; BOTTARO, M. The interplay between internal and external load parameters during different strength training sessions in resistance-trained man. **Eur. J. Sport Sci.**, v. 21, n. 1, p. 16-25, 2020.

OVRETVEIT, K.; TOIEN, T. Maximal strength training improves strength performance in grapplers. **J. Strength Cond. Res.**, v. 32, n. 12, p. 3326-3332, 2018.

SALAROLLI, L. C. W.; BARROS, R. M. B.; SILVA, J. B.; CARVALHO, I. L. S.; VALE, R. G. S.; NUNES, R. A. M.; CASTRO, J. B. P.; LIMA, V. P. Comparison of time under tension, repetition maximum and electromyographic activity in bench press exercise in different speeds execution. **Gazz. Med. Ital.**, v. 177, n. 11, p. 637-644, 2018.

SILVA, J. B.; LIMA, V. P.; CASTRO, J. B. P.; PAZ, G. A. NOVAES, J. S.; NUNES, R. A. M.; VALE, R. G. S. Analysis of myoelectric activity, blood lactate concentration and time under tension in repetitions maximum in the squat exercise. **J. Phys.**, v. 18, n. 4, p. 2478-2485, 2018.

SILVA, J. B.; LIMA, V. P.; NOVAES, J. S.; CASTRO, J. B. P.; NUNES, R. A. M.; VALE, R. G. S. Time under tension, muscular activation, and blood lactate responses to perform 8, 10, and 12RM in the bench press exercise. **J. Exerc. Physiol. Online**, v. 20, n. 6, p. 41-54, 2017.

SILVA, J. B.; LIMA, V. P.; PAZ, G. A.; OLIVEIRA, C. R.; D'URSO F.; NUNES, R. A. M.; CASTRO, J. B. P.; VALE, R. G. S. Determination and comparison of time under tension required to perform 8, 10 and 12-RM loads in the bench press exercise. **Biomed. Hum. Kinet.**, v. 8, p. 153-158, 2016.

SCUDESE, E.; WILLARDSON, J. M.; SIMÃO, R.; SENNA, G.; DE SALLES, B.; MIRANDA, H. The effect of rest interval length on repetition consistency and perceived exertion during near maximal loaded bench press sets. **J. Strength Cond. Res.**, v. 29, n. 11, p. 3079-3083, 2015.

SUCHOMEL, T. J.; NIMPHIUS, S.; STONE, M. H. The importance of muscular strength in athletic performance. **Sports Med.**, v. 46, n. 10, p. 1419-1449, 2016.

TIBANA, R. A.; VIEIRA, D. C. L.; TAJRA V.; BOTTARO, M.; SALLES, B. F.; WILLARDSON, J. M.; PRESTES, J. Effects of rest interval length on smith machine bench press performance and perceived exertion in trained men. **Percept. Mot. Skills**, v. 117, n. 3, p. 682-95, 2013.

TRAN, Q. T.; DOCHERTY, D.; BEHM, D. The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 98, p. 402-410, 2006.

WESTCOTT, W. L. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. **Curr. Sports Med. Rep.**, v. 11, n. 4, p. 209-216, 2012.

WILK, M.; GOLAS, A.; STASTNY, P.; NAWROCKA, M.; KRZYSZTOFIK, M.; ZAJAC, A. Does tempo of resistance exercise impact training volume? **J. Human Kinet.**, v. 62, p. 241-250, 2018.

WILK, M.; STASTNY, P.; GOLAS, A.; NAWROCKA, M.; JELEN, K.; ZAJAC, A.; TUFANO, J. Physiological responses to different neuromuscular movement task during eccentric bench press. **Neuro Endocrinol. Lett.**, v. 39, n. 1, p. 26-32, 2018.

## ANEXO A – PAR-Q Teste

**PAR-Q**  
**Physical Activity Readiness Questionnaire**  
**QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA**

*Este questionário, proposto pelo Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM), tem como objetivo a detecção de risco cardiovascular e é considerado um padrão mínimo de avaliação pré-participação, uma vez que uma resposta positiva sugere a avaliação médica.*

Nome Completo:		Sexo:	( )M ( )F
Identidade:		Órgão:	CPF:
Data de Nascimento:	___/___/_____	Idade:	WhatsApp:

*"M" para gênero masculino e "F" para gênero feminino.*

Marque em "SIM" ou "NÃO" nas seguintes perguntas abaixo:

1 – Alguma vez um médico já disse que você possui um problema cardíaco e recomendou que somente fizesse atividade física sob supervisão médica?

( ) SIM      ( ) NÃO

2 – Você sente dor no peito provocada pela prática de atividade física?

( ) SIM      ( ) NÃO

3 – Você sentiu dor no peito no último mês?

( ) SIM      ( ) NÃO

4 – Você já sofreu alguma queda ou perdeu a consciência em virtude de tontura?

( ) SIM      ( ) NÃO

5 – Você tem algum problema ósseo ou articular que poderia ser agravado com a prática de atividade física?

( ) SIM      ( ) NÃO

6 – Algum médico já lhe prescreveu medicamento para controlar a pressão arterial ou a condição cardiovascular?

( ) SIM      ( ) NÃO

7 – Você tem conhecimento, através da sua própria experiência e/ou por informação médica, de algum motivo que lhe impeça de praticar atividade física sem supervisão médica?

( ) SIM      ( ) NÃO

Rio de Janeiro, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 202\_\_.

Assinatura do(a) Participante ou Representante Legal	
------------------------------------------------------	--

**Obs.: Se o(a) participante for menor de 18 anos, o(a) responsável legal deverá assinar o PAR-Q.**

## ANEXO B - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento

**Pesquisador:** Jurandir Baptista da Silva

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 61911215.3.0000.5259

**Instituição Proponente:** Hospital Universitário Pedro Ernesto

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

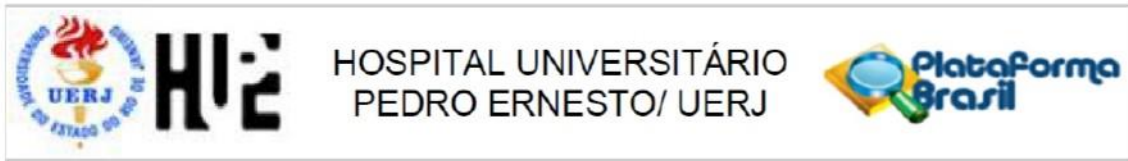
**Número do Parecer:** 1.823.683

**Apresentação do Projeto:**

O volume e a intensidade do treinamento podem ser obtidos através do número total de repetições concluídas durante um período de tempo específico. No entanto, o tempo médio em que o músculo está sob tensão para 8, 10 e 12 repetições máximas (RM) não está totalmente claro na literatura, bem como as respostas musculares decorrentes do tempo sob tensão (TST) gerado por esta faixa de repetições. Sendo assim, o objetivo do presente estudo é verificar o tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e níveis de lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento. Participarão da amostra 30 homens, com idade entre 18 e 30 anos. Serão adotados como critérios de inclusão: praticar os exercícios propostos há no mínimo seis meses e frequência semanal de duas vezes. Serão excluídos indivíduos que apresentarem lesão ou dor que impossibilite a correta execução do exercício ou PAR-Q positivo. Os participantes realizarão os testes de 8, 10 e 12 RM e o TST para cada uma destas faixas de repetição será verificado através da cinemetria. Com um intervalo mínimo de 48h os participantes realizarão os exercícios com o TST e a carga obtida. Serão verificados o número de repetições realizadas, a atividade eletromiográfica e os níveis de lactato sanguíneo provenientes do tempo em que os músculos estarão sob tensão para cada faixa de execuções múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento.

**Endereço:** Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo  
**Bairro:** Vila Isabel **CEP:** 20.551-030  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** cep-hupe@uerj.br





Continuação do Parecer: 1.823.683

#### **Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

Determinar o tempo sob tensão, a atividade eletromiográfica e os níveis de lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento.

Objetivo Secundário:

- Verificar o tempo de tensão médio nas execuções de 8, 10 e 12 RM nos exercícios supino reto e agachamento.
- Identificar a atividade EMG dos músculos peitoral maior (partes clavicular e esternocostal), tríceps braquial e deltoide (parte clavicular), nas execuções de 8, 10 e 12 RM no exercício supino reto.
- Obter a atividade EMG dos músculos vasto medial oblíquo, vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral nas execuções de 8, 10 e 12 RM no exercício agachamento.
- Identificar os níveis de lactato nas execuções de 8, 10 e 12 RM nos exercícios supino reto e agachamento.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos:

Durante os protocolos experimentais podem ocorrer dores musculares tardias devido ao treinamento de resistido. Todavia, o posicionamento dos indivíduos durante os exercícios será criteriosamente controlado pelos pesquisadores, visando evitar compensações e lesões.

Benefícios:

Os participantes receberão gratuitamente uma avaliação sobre os níveis de capacidade funcional, atividade neural e desempenho neuromuscular.

Além de contribuir com as evidências sobre o controle das variáveis do treinamento de força, para assim, melhor embasar a prescrição de exercícios.

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Projeto de mestrado bem elaborado. Foram avaliadas as informações contidas na Plataforma Brasil e as mesmas se encontram dentro das normas vigentes e sem riscos eminentes aos participantes envolvidos de pesquisa.

#### **Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os documentos de apresentação obrigatória foram enviados a este Comitê, estando dentro das boas práticas e apresentando todas dados necessários para apreciação ética.

**Endereço:** Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo  
**Bairro:** Vila Isabel **CEP:** 20.551-030  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** cep-hupe@uerj.br



Continuação do Parecer: 1.823.683

#### Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto pode ser realizado da fora como está apresentado. Diante do exposto e à luz da Resolução CNS nº466/2012, o projeto pode ser enquadrado na categoria – APROVADO. Para ter acesso ao PARECER CONSUBSTANCIADO: Clicar na "LUPA" (DETALHAR) - Ir em "DOCUMENTOS DO PROJETO DE PESQUISA", clicar na opção da ramificação (pequeno triângulo no entrocamento do organograma) de pastas chamada – "Apreciação", e depois na Pasta chamada "Pareceres", o Parecer estará nesse local.

#### Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente, o CEP recomenda ao Pesquisador: Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e no termo de consentimento livre e esclarecido, para análise das mudanças; Informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa; O Comitê de Ética solicita a V. S<sup>a</sup>., que encaminhe relatórios parciais de andamento a cada 06 (seis) Meses da pesquisa e ao término, encaminhe a esta comissão um sumário dos resultados do projeto; Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.

#### Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_540159.pdf	09/10/2016 18:44:12		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_MESTRADO_TST_UERJ_FINAL_30_06_2016.doc	09/10/2016 18:22:25	Jurandir Baptista da Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao_de_ciencia.pdf	09/10/2016 18:06:14	Jurandir Baptista da Silva	Aceito
Cronograma	cronograma.pdf	19/09/2016 19:51:46	Jurandir Baptista da Silva	Aceito
Folha de Rosto	folho_de_rosto_assinada.pdf	31/07/2016 13:48:10	Jurandir Baptista da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.doc	30/06/2016 17:05:26	Jurandir Baptista da Silva	Aceito

**Endereço:** Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo  
**Bairro:** Vila Isabel **CEP:** 20.551-030  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** cep-hupe@uerj.br



Continuação do Parecer: 1.823.683

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

RIO DE JANEIRO, 17 de Novembro de 2016

---

Assinado por:  
**DENIZAR VIANNA ARAÚJO**  
(Coordenador)

**Endereço:** Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo  
**Bairro:** Vila Isabel **CEP:** 20.551-030  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** cep-hupe@uerj.br